~~580.5~~ XB
~~B47~~ .I346
V.1
1886/87

THE • NEW • YORK • BOTANICAL • GARDEN •
PRO SCIENTIA ATQUE SALUTE POPULIQUE
1891
LIBRARY

BIBLIOTHECA BOTANICA.

Abhandlungen

aus

dem Gesammtgebiete der Botanik.

Herausgegeben

von

Dr. Oscar Uhlworm und **Dr. F. H. Haenlein**

in

Cassel.

(Heft No. 1.)

Dr. phil. Heinrich Schenck: Vergleichende Anatomie der submersen Gewächse. — Mit 10 Tafeln.

CONSERVATOIRE BOTANIQUE
VILLE de GENÈVE
DUPLICATA DE LA BIBLIOTHÈQUE
DU CONSERVATOIRE BOTANIQUE DE GENÈVE
VENDU EN 1922

CASSEL.
Verlag von Theodor Fischer.
1886.

CONSERVATOIRE
BOTANIQUE
VILLE de GENÈVE
DUPLICATA DE LA BIBLIOTHÈQUE
DU CONSERVATOIRE BOTANIQUE DE GENÈVE
VENDU EN 1922

BIBLIOTHECA BOTANICA.

Abhandlungen

aus

dem Gesammtgebiete der Botanik.

Herausgegeben

von

Dr. Oscar Uhlworm und **Dr. F. H. Haenlein**

in

Cassel.

(Heft No. 1.)

Dr. phil. Heinrich Schenck: Vergleichende Anatomie der submersen Gewächse.

CASSEL.
Verlag von Theodor Fischer.
1886.

Vergleichende Anatomie

der

submersen Gewächse.

Von

Heinrich Schenck,
Dr. phil.

Mit 10 Tafeln.

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

DUPLICATA DE LA BIBLIOTHÈQUE
DU CONSERVATCIRE BOTANIQUE DE GENEVE
VENDU EN 1922

CASSEL.
Verlag von Theodor Fischer.
1886.

Inhaltsangabe.

Pg.

Einleitung 1

1. Abschnitt: Die Blattstructur der submersen Gewächse 3

Gemeinsame äussere Merkmale der submersen Blätter 3

Ausbildung des assimilirenden Gewebes 3

Mangel der Dorsiventralität im Parenchym 5

Geringe Zahl der Parenchymschichten 5

Ausbildung und Chlorophyllgehalt der Epidermis 5

Mangel der Spaltöffnungen 6

Wasserspalten 7

Gradwandigkeit der Epidermiszellen 8

Blattleitbündel 8

Mechanisches System 9

Mangel von Secretionsorganen 9

Haarbildungen, Tannintrichome, Squamulae intrafoliaceae 9

Specielle Beschreibung der Blattstructuren 10

1) Ceratophyllum demersum 10; Utricularia minor 11; Utricularia vulgaris 11; Myriophyllum 12; Ranunculus aquatilis, fluitans, divaricatus 13.

2) Litorella lacustris 14; Isoëtes lacustris 15.

3) Potamogeton pectinatus 16; Zannichellia palustris 16; Najas major 16; Najas minor, flexilis 17; Hydrilla verticillata 17; Elodea canadensis 17; Aldrovandia vesiculosa 17; Alisma Plantago 18; Alisma natans 19; Callitriche 19; Hottonia palustris 20; — Lemna trisulca 21.

4) Vallisneria spiralis 22; Zostera marina 22; Zostera nana 23; Cymodocea aequorea 23.

5) Potamogeton densus 24; P. nitens, perfoliatus, crispus 24; P. pusillus 25; P. acutifolius 25.

2. Abschnitt: Die Stammstructur der submersen Gewächse 26

Anordnung der Leitbündel 26

Mangel des secundären Dickenwachsthums 26

Ausbildung der Gewebe 27

1) Bau der Leitbündel.

Verschmelzung zu axilen Strängen 27

Reduction und Ausbildung der Gefässe 29

Holzparenchym 30

Siebtheil 30

Mark 31

Specielle Darstellung der Leitbündelstructuren 31

a. Reihe der Dicotylen 32

Peplis Portula 32; Elatine Alsinastrum 33; Elatine hydropiper, hexandra 33; Bulliarda aquatica 33; Utricularia vulgaris 34; Utricularia minor 34; Callitriche 35; Hippuris vulgaris 36; Myriophyllum 36; Hottonia palustris 37; Aldrovandia vesiculosa 37; Ceratophyllum 38; Batrachium 38.

AUG 7 - 1923

β. Reihe der Monocotylen 39
Potamogeton perfoliatus 40; P. nitens 41; P. crispus 41; P. lucens 42; P. densus 43; P. acutifolius 43; P. pusillus 43; P. pectinatus 43; Zannichellia 44; Najas, Caulinia 44; Elodea canadensis 45; Hydrilla verticillata 46; Vallisneria spiralis 46; Lemna trisulca 47.
Rindenbündel einiger submerser Monocotylen 47
2) Rindenparenchym, Schutzscheide, Epidermis des Stammes 49
3) Mechanisches System 54
4) Secret- und Excretbehälter 55
3. Abschnitt: Die Wurzelstructur der submersen Gewächse 57
Ausbildung und Bedeutung des Wurzelsystems bei den submersen Pflanzen 57
Wurzelhaare 58
Rindenparenchym 58
Schutzscheide 58
Structur des axilen Leitbündelstranges 59
Specielle Darstellung des Baues desselben.
α. Dicotylen.
Hippuris vulgaris, Elatine Alsinastrum, Myriophyllum, Ranunculus fluitans, aquatilis 60; Callitriche 60.
β. Monocotylen.
Potamogeton natans 60; P. densus 61; P. crispus 61; P. pectinatus 61; Zannichellia palustris 61; Elodea canadensis 61; Vallisneria spiralis 62; Lemna trisulca, minor 62; Najas major 63.
Structuränderung der Wurzeln von Ufer- und Landpflanzen bei submerser Lebensweise 63
Vergleich der einfachsten axilen Stränge des Stengels und der Wurzel 63
Litteraturverzeichniss*) 65
Erklärung der Abbildungen auf Tfl. I—X.

*) Im Text sind die Litteraturangaben abgekürzt.

Die submers vegetirenden höheren Gewächse bilden in ihrer Gesammtheit eine sehr natürliche Pflanzenformation; sie haben sich den Anforderungen des eigenartigen Mediums, in welchem sie leben, sowohl in ihrem Habitus, als auch in ihrer Lebensweise angepasst, und — da diese Anpassungen sich alle nach denselben Richtungen hin bewegen mussten, manche übereinstimmende Charaktere angenommen, trotzdem sie den verschiedensten Familien entstammen. Selbstverständlich entspricht nicht allein die äussere Gestalt den Eigenthümlichkeiten des Mediums, sondern auch die anatomische Structur, ja letztere reagirt im Allgemeinen viel genauer auf äussere Einflüsse als erstere, wie weiter unten durch zahlreiche Beispiele gezeigt werden soll. Gerade bei den submersen Gewächsen müssen wir von vorne herein die weitgehendsten Umgestaltungen des anatomischen Aufbaues erwarten, weil im Wasser die physiologischen Processe, besonders die Nährstoffaufnahme, zum Theil in anderer Weise als bei den Luftpflanzen sich vollziehen müssen.

Das Wesentlichste bezüglich der Besonderheiten in Gestaltung und Lebensweise dieser Gewächse habe ich in einer früheren Arbeit [1]) hervorzuheben und die äusseren Ursachen für die gemeinsamen Charaktere der Hydrophyten in den Besonderheiten des Mediums aufzufinden versucht. Die vorliegende Abhandlung soll die gemeinschaftlichen Züge in dem anatomischen Aufbau der submersen Pflanzen zur Darstellung bringen, die Unterschiede von der normalen Structur der Luftpflanzen kennzeichnen und von biologischen und phylogenetischen Gesichtspunkten aus Erklärungen für die beobachteten Erscheinungen geben, soweit dies ohne gewagte Speculationen bei unseren heutigen, zum Theil noch sehr verbesserungsbedürftigen Ansichten von den Functionen der einzelnen Gewebearten möglich erscheint.

Eine zusammenfassende Darstellung hat die Structur der Hydrophyten bis jetzt noch nicht erfahren, obwohl schon manche derselben in grösseren oder kleineren Specialarbeiten näher untersucht worden sind. Am meisten sind die Blätter der submersen Wasserpflanzen vernachlässigt geblieben, ihre gemeinsamen Eigenthümlichkeiten, welche sie den Luftblättern der Landpflanzen gegenüber charakterisiren, noch nicht im Zusammenhang hervorgehoben, höchstens bruchstückweise hier und da angedeutet worden. Abgesehen von den Beschreibungen der Blattstructuren einzelner Arten, welche sich in Monographien oder kleineren Aufsätzen [2]) vorfinden, existiren in der Litteratur fast gar keine Angaben betreffs derselben. Dagegen kennen wir die Stammstructur der submersen Gewächse weit genauer, und wenn in dieser Abhandlung der

[1]) Die Biologie der Wassergewächse. Bonn 1885. Auch in Verh. naturh. Ver. Rheinl. u. Westf. 42. Jahrg.

[2]) Magnus, Najas. — Caspary, Hydrill. — Hegelmaier, Callitr. — Askenasy, Ran. aqu. u. divar. — Casp. Aldrovandia etc.

Bau der axilen Stränge etwas ausführlicher dargestellt ist, als vielleicht nothwendig geschienen, so ist dies einerseits der Vollständigkeit halber geschehen, andererseits, weil in den Monographien manche irrthümlichen, heute nicht mehr haltbaren Angaben wiederkehren, welche zum Theil in De Bary's „Vergleichende Anatomie", die eine übersichtliche Zusammenstellung der axilen Stränge bringt [1]), übergegangen sind.

Chatin hat die Anatomie einiger monocotylen Wasserpflanzen aus den Familien der Hydrocharideen, Alismaceen, Butomeen mit zahlreichen Tafeln publicirt, indessen enthalten sowohl Text wie Figuren so viele Ungenauigkeiten, dass sein Werk nur mit grosser Vorsicht benutzt werden kann. Dasselbe muss von den Abbildungen gesagt werden, welche Filippo Parlatore gezeichnet hat und welche nach seinem Tode auf 9 Tafeln veröffentlicht wurden. Aus diesen Figuren ist weiter nichts wie die Gruppirung des Parenchyms und der Lufträume auf Stengel-, Blatt- und Wurzelquerschnitten zu ersehen.

Die Structur des axilen Stranges der Wurzel einiger submerser Gewächse hat durch Van Tieghem [2]) eine genauere Untersuchung erfahren.

Es erscheint mir zweckmässig, die nachfolgende anatomische Darstellung mit der Blattstructur zu beginnen, denn gerade im Bau der Assimilationsorgane erkennen wir die weitgehendsten Anpassungen an das Medium und die grössten Abweichungen von der Structur der Luftpflanzen.

[1]) De Bary, p. 381 ff.

[2]) Van Tieghem, Sym. de structure des pl. I. La racine.

I. Abschnitt.

Die Blattstructur der submersen Gewächse.

Trotz der mannigfaltigen Blattformen der untergetaucht vegetirenden Pflanzen im Einzelnen offenbart sich bei fast allen die Tendenz, die gesammte grüne Assimilationsfläche oder das Laub möglichst in haardünne Zipfel oder schmale, grasartige Bänder zu zerschlitzen. Eine Ausnahme hiervon machen die breitspreitigen Blätter gewisser Arten von *Potamogeton*, wie *P. lucens*, *P. perfoliatus*, *P. crispus* etc., aber ich habe schon in meiner oben citirten Arbeit[1]) auf die Wahrscheinlichkeit hingewiesen, dass diese Arten Uebergangsformen zwischen denjenigen mit Schwimmblättern, *P. natans* an der Spitze, und denen mit schmalen, linealen Blättern vorstellen, also Formen, welche noch in der Weiterentwicklung zu typischen, einseitig angepassten Hydrophyten begriffen sein dürften. Alle submersen Blattspreiten sind ferner dünn, aus wenigen Parenchymschichten aufgebaut, meist durchscheinend und mehr oder weniger schlaff im Gegensatz zu den schildförmigen, dicken und festgebauten, lederartigen Blättern der Schwimmgewächse. Alle diese Eigenschaften beruhen auf dem von der Blattstructur der Luftpflanzen sehr verschiedenen Aufbau aus den anatomischen Elementen. Im Allgemeinen habe ich die Ursachen für die charakteristische Gestaltung des submersen Laubes in obiger Arbeit[2]) hervorzuheben gesucht und sie im Wesentlichen in den mechanischen Anforderungen des Wassers als eines dichteren und schwereren Mediums im Vergleich zum Medium der Luft, in den Beleuchtungsverhältnissen und den Besonderheiten der Nährstoffaufnahme unter Wasser zu finden geglaubt. Im Nachfolgenden soll die Einwirkung der äusseren Factoren auf die anatomische Structur der submersen Blätter einer Betrachtung unterzogen werden.

Zunächst muss an dieser Stelle berücksichtigt werden, dass den submersen Blättern kein directes und volles Sonnenlicht für den Assimilationsvorgang zur Verfügung steht, wie der Oberseite der Schwimmblätter. Das Wasser absorbirt zum Theil die von der Sonne entsandten Strahlen, so dass zu dem untergetauchten grünen Gewebe mehr oder weniger diffuses Licht gelangt. Nun wissen wir aus den dankenswerthen Arbeiten von Stahl[3]) und Pick[4]), dass die assimilirenden Zellen für directes und für diffuses Licht verschieden ausgebildet sind, für ersteres die Palissadenform, für letzteres aber die Form des Schwamm-

[1]) l. c. p. 39, 57 und 116.

[2]) l. c. p. 6.

[3]) E. Stahl: Ueber den Einfluss der Lichtintensität auf Structur und Anordnung des Assimilationsparenchyms, Bot. Ztg. 1880. — Ueber den Einfluss des sonnigen oder schattigen Standorts auf die Ausbildung der Laubblätter. Jenaische Zeitschr. für Naturwissensch. XVI. 1883.

[4]) H. Pick: Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Gestalt und Orientirung der Zellen des Assimilationsgewebes. Botan. Centralbl. XI. 1882.

parenchyms annehmen. In der senkrecht zur Blattspreite gestreckten Palissadenzelle lagern sich die Chlorophyllkörper an die Radialwände und entgehen so den schädlichen Einwirkungen des allzu intensiven Lichtes, in den parallel zur Spreite verbreiterten Schwammparenchymzellen dagegen werden die grünen Körperchen an die Tangentialwände vom Plasma gelagert, um das diffuse Tageslicht möglichst aufzufangen. Diese Beziehungen zwischen Intensität des Lichtes und Zellform sind durch so manche überzeugende Belege erwiesen, dass wir a priori für die im diffusen Licht thätigen, submersen Blätter die tangential erbreiterte Zelle als Form der assimilirenden Zellen erschliessen können. Und in der That treffen wir nie die hohen Palissadenzellen, sondern stets tangential gestreckte oder erbreiterte oder höchstens cubische, chlorophyllführende Zellen in diesen Blättern. Noch dazu entwickeln sich die Chlorophyllkörper der Hauptmasse nach, um möglichst viel Licht aufzufangen, in der Epidermis im Gegensatz zu dem Verhalten fast aller Luftblätter, deren assimilirendes Gewebe stets von einer farblosen Epidermis überzogen wird. Zwar enthalten die unter der Epidermis der submersen Blätter gelegenen Parenchymzellen auch noch grüne Chromatophoren, welche aber in der Regel viel weniger intensiv gefärbt und meist von Stärkekörnern erfüllt sind, also wohl weniger assimiliren als die Ableitung der Stärke vermitteln. Besonders klar erkennt man dieses verschiedene Verhalten bei *Myriophyllum* (Fig. 4a), dessen subepidermale Parenchymzellen in den Blattzipfeln ebenso wie die noch tiefer gelegenen dicht von grossen, mit schwach grüner Hülle versehenen Stärkekörnern erfüllt sind, während die Epidermiszellen die lebhaft grün gefärbten, kleinen Chlorophyllkörner enthalten.

Das Parenchym, welches in den Luftblättern an der Blattunterseite gelegen ist, nimmt die höchst charakteristische Form des Schwammparenchyms an, welches sich aus mehrstrahligen und mit den Strahlenden verbundenen Zellen unter Bildung eines intercellularen Lacunensystems aufbaut. Die Lacunen stehen in Verbindung mit den Athemhöhlen und durch die Spaltöffnungen mit der Aussenwelt. Die assimilirenden Zellen werden also von Luft umspült und entnehmen aus derselben die zur Assimilation nöthige Kohlensäure; dieses lockere, luftraumhaltige Gewebe vermittelt ferner wesentlich die Transpiration, deren Bedeutung für die Thätigkeit der assimilirenden Zellen von Sachs[1]) zuerst klar erkannt wurde. Die Form des Schwammparenchyms treffen wir nicht bei den Wasserblättern, welche nicht transpiriren und keine Spaltöffnungen besitzen, in dieser charakteristischen Ausbildung an, sondern hier sind die Parenchymzellen in der Regel von tangentialgestreckter, prismatischer Gestalt entweder zu geschlossenen Schichten mit engen oder mangelnden Intercellulargängen verbunden, so bei *Myriophyllum* (Fig. 4a), bei *Utricularia vulgaris* (Fig. 3a), *Ranunculus fluitans* (Fig. 6a) etc., oder wenn grössere Luftgänge in dem Blatt zur Entwicklung gelangen, so erscheint das Parenchym in Form einschichtiger, aus gestreckten, gradwandigen Zellen aufgebauter Scheidewände, welche diese Gänge umgrenzen und scheiden, so bei *Utricularia minor* (Fig. 2a und 2b), *Ceratophyllum* (Fig. 1a), *Potamogeton pectinatus* (Fig. 11a und 11d), *Litorella lacustris* (Fig. 10a) und vielen anderen, bei denen aber in der Regel die subepidermale Parenchymschicht wie bei den ersteren eine geschlossene Zelllage vorstellt. Nirgends erblicken wir dagegen die strahligen Schwammparenchymzellen, mit denen die assimilirenden Zellen des Wasserblattes nur die tangentiale Erbreiterung gemeinsam haben.

[1]) Vergl. Sachs: Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. Leipzig 1882. p. 271.

Da weder ein Palissaden- noch ein Schwammparenchym im Laube der submersen Gewächse differenzirt wird, weil die bedingenden Factoren für deren Bildung mangeln, so verliert sich auch die Dorsiventralität, der Unterschied zwischen oben und unten, welcher das Luftblatt charakterisirt. Es fehlt der bestimmende Einfluss des directen Sonnenlichtes und ausserdem muss in Rücksicht gezogen werden, dass die im Wasser öfters hin und her bewegten schmalen oder zerschlitzten Blätter keine bestimmte Lage zu dem einfallenden Licht einnehmen. Infolge dessen bilden sich die assimilirenden Epidermiszellen, sowie die an dieselben nach innen sich schliessenden Parenchymzellen an Ober- und Unterseite in gleicher Weise aus. So kommt es, dass an den cylindrischen Zipfeln von *Myriophyllum* (Fig. 4a), *Batrachium* (Fig. 6a), ein streng radialer, stengelähnlicher Bau, abgesehen von dem Leitbündel, welches in der Axe verläuft und Xylem und Phloëm in der für die Blätter bekannten Lagerung anordnet, erzielt wird; bei den schmalen, mehr oder weniger flachen Blättern anderer Wassergewächse dagegen eine genau isolaterale Gestaltung, so bei *Potamogeton pectinatus* (Fig. 11a), *Zannichellia* (Fig. 12), *Zostera* (Fig. 21), *Vallisneria* (Fig. 20a) etc., analog dem isolateralen Blattbau vieler Landpflanzen [1]), welche trockene und stark besonnte Standorte bewohnen, aber aus ganz anderen Ursachen ihre charakteristische Anordnung des Blattparenchyms erlangen. Die ursprüngliche Dorsiventralität des Luftblattes, aus welchem das submerse Blatt durch einseitige Anpassung an eine besondere Lebensweise sich entwickelt hat, offenbart sich indessen bei den meisten Vertretern noch im Bau der Blattleitbündel in der gegenseitigen Lagerung von Xylem und Phloëm, bei anderen auch noch in der extraaxilen Lagerung des ganzen Bündels, so bei *Ceratophyllum* (Fig. 1a), oder auch in der Anordnung der Luftcanäle im Parenchym, so bei *Potamogeton densus* (Fig. 22a) etc., bei *Elodea* (Fig. 13) und *Hydrilla*, bei denen die Blattlamina nur aus zwei Zellschichten besteht, endlich darin, dass die Zellschicht der Oberseite aus etwas grösseren Elementen sich zusammensetzt, wie die der Unterseite.

Die Wasserblätter zeigen ferner im Vergleich zu den Luftblättern die Tendenz, nur wenige Parenchymschichten zu ihrem Aufbau zu verwenden, eine Tendenz, welche durch die geringere Lichtintensität und durch die besondere Art und Weise der Nährstoffaufnahme im Wasser hervorgerufen zu sein scheint. So erhalten wir schliesslich Blattspreiten, welche sich nur aus drei Lagen gleichartiger Zellen aufbauen, wie bei *Potamogeton densus* (Fig. 22c) und anderen Arten dieser Gattung die Lamina zwischen den dickeren Rippen, oder sogar nur aus zwei Lagen bestehen wie bei *Elodea* (Fig. 13), *Hydrilla* und *Najas flexilis*.

Wie schon oben erwähnt, enthält die Epidermis die Hauptmasse des Chlorophylls. Die Entwicklung desselben in der äussersten Zellschicht scheint ausser durch die Beleuchtungsverhältnisse noch durch ein anderes Moment begünstigt zu sein. Nach den Untersuchungen Westermaier's [2]) dürfte der Epidermis der Luftblätter im Allgemeinen die Bedeutung eines Wasserreservoirs für die transpirirenden und assimilirenden Blattzellen zuzusprechen sein. Für die submersen Pflanzen ist eine derartige Einrichtung, wie sie sich am ausgeprägtesten in der hohen, mehrschichtigen und wasserreichen Epidermis

[1]) E. Heinricher: Ueber isolateralen Blattbau mit besonderer Berücksichtigung der europäischen spec. der deutschen Flora. Pringsh. Jahrb. für wiss. Bot. XV. Berlin 1884.

[2]) M. Westermaier: Ueber Bau und Function des pflanzlichen Hautgewebesystems. Pringsheim's Jahrb. für wiss. Bot. XIV. Berlin 1884.

vieler dickblättriger Tropengewächse kund gibt, durchaus überflüssig, da das Wasser die Blätter allseitig umspült. In einigen wenigen Fällen hat sich eine dünne, farblose Epidermis am Wasserlaub noch erhalten, so bei *Callitriche* und *Hottonia*. Diese Bildungen sind als ererbte, durch den Einfluss des Mediums noch nicht ausgemerzte zu erachten, denn bei weitaus den meisten Vertretern der submersen Flora entwickelt sich das Chlorophyll der Hauptmasse nach in der äussersten Zellschicht.

Ausser der Kraftquelle des Lichtes bedürfen die Blätter zu ihrer assimilatorischen Thätigkeit der nöthigen Nährstoffe, der Kohlensäure, des Wassers und einiger anorganischer Salze. Die Luftpflanzen nehmen die Kohlensäure aus der Luft auf; das nöthige Wasser mit den darin aufgelösten Salzen aber leitet den Blättern ein Transpirationsstrom zu, welcher von den Wurzeln aufwärts in den Gefässen des Xylems steigt. In den Blättern vermitteln die verschliessbaren Spaltöffnungen die Transpiration, zu deren Regulirung an trocknen Standorten mannigfache Haarbekleidungen, Wachsüberzüge der Aussenfläche oder Versenkung der Stomata in Gruben, Veränderung der Blattlage, Einrollung und Zusammenfaltung der Spreiten und andere Hülfsmittel verwandt werden. Alle diese Einrichtungen fallen bei den submersen Blättern vollständig hinweg, denn für diese gestaltet sich die Aufnahme der Nährstoffe sehr einfach. Die Transpiration fällt weg, an ihre Stelle tritt die Diffusion. Die submersen Blätter entnehmen die zur Assimilation nöthige Kohlensäure und die Salze direct dem umgebenden Medium, dem Wasser, welches diese Verbindungen in gelöster Form enthält. Damit hängt auch die Reduction des Wurzelwerkes, sowie des Gefässsystems innig zusammen. Begünstigt wird die Diffusion der Kohlensäure und der gelösten Salze dadurch, dass die Aussenwandung der Epidermiszellen an den submersen Assimilationsorganen in fast allen Fällen dünn bleibt; eine Cuticula ist zwar vorhanden, doch stets nur als zartes, durchlässiges Häutchen entwickelt. Auch die Zartheit der gesammten Lamina trägt wesentlich zur Erleichterung von Diffusionsvorgängen bei.

Sehr erklärlich finden wir bei der Ersetzung der Transpiration durch die Diffusion den Mangel der Spaltöffnungen bei den typischen submersen Wasserpflanzen, deren Epidermis somit eine geschlossene Haut um den ganzen Organismus bildet. Spaltöffnungen sind diesen Pflanzen nicht nur überflüssig, sie würden auch das Eindringen des Wassers in die inneren Lufträume, welche zum Gasaustausch benöthigt werden, begünstigen und also unvortheilhaft sein. Der bei der Assimilation frei werdende Sauerstoff wird in diese inneren Lufträume abgeschieden, ebenso die von der Athmung herrührende Kohlensäure, und diese Gase bewirken in ihnen eine beträchtliche Spannung. Schneidet man einen submersen, assimilirenden Stengel, etwa von einer *Utricularia*, durch, so werden sofort Gasblasen mit ziemlicher Gewalt ausgetrieben. Die Gase, welche die inneren Lufträume nicht mehr fassen können, gelangen mittelst Diffusion durch die Epidermis nach aussen und steigen in Blasenform von den assimilirenden Blättern auf.

Durchgängig ermangeln die submersen Blätter der Spaltöffnungen und nur vereinzelte Ausnahmen finden statt. So ist es sehr merkwürdig, dass auf den schmallinealen Cotyledonen submers gekeimter Pflänzchen von *Ranunculus aquatilis* nach Askenasy[1]) einige wenige Spaltöffnungen auftreten, ohne dass eine chlorophyllose Epidermis differenzirt wäre. Die folgenden Blätter haben eine chlorophyllhaltige Epidermis ohne Spaltöffnungen. Nach Kamienski[2]) kommen bei *Utricularia vulgaris* und anderen

[1]) Askenasy, p. 198.

[2]) Kamienski, Bot. Ztg. 1877, p. 769. Anm.

Arten dieser Gattung Spaltöffnungen nur auf den ganzrandigen Blättchen der an unbestimmten Stellen entstehenden Adventivsprosse (Ranken Pringsheim's) vor. Auf der unteren Fläche dieser Blätter, welche zweischichtig, also nur aus Epidermis gebildet sind, befinden sich zahlreiche, grosse, einfach gebaute, mit sehr breiter, fast runder Spalte versehene Spaltöffnungen. Beachtenswerth ist ferner das Auftreten von Stomata auf denjenigen submersen Blättern der *Eucallitrichen*, welche den Uebergang von den typisch submersen, schmallinealen, spaltöffnungsfreien Blättern zu den Schwimmblättern bezeichnen, welche sich äusserlich durch etwas breitere Spreiten den letzteren nähern und auch in der Gestaltung des assimilirenden Parenchyms diesen Uebergang erkennen lassen. Es schliessen sich noch einige andere Ausnahmen den genannten an. Offenbar haben die Spaltöffnungen an den submersen Blättern keine Bedeutung mehr, ihr vereinzeltes Erscheinen dürfte auf Vererbung zurückzuführen sein, ebenso wie die Thatsache, dass gewisse submerse Blätter noch eine chlorophyllfreie Epidermis ausbilden. Anpassung und Vererbung wirken überall als zwei entgegengesetzte Factoren bei der Umbildung eines Organismus, welcher in ein neues und anderes Medium versetzt worden ist.

Ob dagegen die ephemeren Wasserspalten, welche an der Spitze junger Blätter einiger typischer submerser Gewächse sich ausbilden, ebenfalls als nutzlose, ererbte Bildungen anzusehen sind, ist nicht ohne Weiteres anzunehmen. Das Blatt von *Callitriche autumnalis* wird von einem einzigen Fibrovasalstrang durchzogen, welcher unter der Spitze blind endigt. Zwischen seinem Ende und dem oberen Blattrande findet man nun nach Borodin[1]), falls das Blatt noch jung ist, ein zartes, parenchymatisches, aus isodiametrischen, chlorophylllosen Zellen bestehendes Gewebe, welches von der Epidermis durch einen nach innen allseits geschlossenen, flachen Intercellularraum getrennt ist, in dem die äusseren Zellen dieses Gewebekörpers in Form abgerundeter Köpfchen vorragen. Die Epidermis trägt nun über diesem flachen Intercellularraum eine Gruppe von 3—8 kleinen, zusammengelagerten Spaltöffnungen, die geöffnet sind und in den mit Flüssigkeit erfüllten, flachen Raum hineinführen. An älteren Blättern werden die Wände der Schliesszellen resorbirt und es entsteht so ein Loch in der Epidermis. Das Blatt wird aber an dieser Stelle durch das kleinzellige Parenchym dicht abgeschlossen.

Bei *Callitriche verna*[2]) liegt über dem Mittelnerven ein ähnliches, parenchymatisches Gewebe, überhaupt eine ähnlich gestaltete Blattspitze; nur findet sich ein einziges, aber viel grösseres und breit geöffnetes Stoma. Dasselbe entwickelt sich sehr früh, gewöhnlich früher als die übrigen bedeutend kleineren Spaltöffnungen der Oberseite, wird indessen später gleichfalls resorbirt.

Auch bei *Ranunculus aquatilis* und *divaricatus*[3]), sowie bei *Hippuris vulgaris*[4]) finden sich ähnliche Bildungen, ferner bei *Hottonia palustris*[3]), bei welcher das gesammte Zellgewebe der Spitze, an der sich die Spaltöffnungen finden, vor dem völligen Auswachsen des Blattes abstirbt.

Derartige Gebilde sind ein sehr verbreitetes Vorkommniss an sehr vielen Luftpflanzen[5]) und besorgen hier die liquide Ausscheidung von Wasser, wenn die Transpiration durch grossen Feuchtigkeitsgehalt der Luft oder während der Nacht nicht vor sich gehen kann. Es fragt sich nun, ob diese Organe

---

[1]) Borodin, Bot. Ztg. 1869. p. 883 u. Bot. Ztg. 1870. p. 844. Tfl. XIV. Fig. 1—3.
[2]) Borodin, Bot. Ztg. 1869. p. 883 u. Bot. Ztg. 1870. p. 847. Tfl. XIV. Fig. 4 u. 5.
[3]) Askenasy, p. 235.
[4]) Borodin, Bot. Ztg. 1870. p. 848. Tfl. XIV. Fig. 6 u. 7.
[5]) De Bary, p. 54 ff. — Volkens.

an submersen Blättern in der Jugend eine bestimmte Function verrichten, später aber überflüssig werden, oder ob sie wie die Spaltöffnungen an den Keimblättern von *Ranunculus aquatilis* wesentlich als ererbte, zwecklose Bildungen aufzufassen sind. Ich muss dies dahin gestellt sein lassen.

Die Epidermiszellen der submersen Blätter zeichnen sich im Allgemeinen von denjenigen der Schwimm- und Luftblätter durch eine weitere Eigenthümlichkeit aus: Ihre Radialwände verlaufen alle eben. Von oben betrachtet, erscheinen die Zellen bald als Quadrate, bald als längsgestreckte, bald als quergestreckte Rechtecke oder Polygone von nahezu Rechteckform. Die breiteren Blätter der Luftpflanzen bilden dagegen sehr allgemein die Radialwandungen der Epidermiszellen wellig aus. Ich erinnere beispielsweise an das Verhalten der Blattoberhautzellen vieler Farnkräuter, welche mit vielfachen Buchten sich zu einer festen Schicht verankern. Diese Verschiedenheit erklärt sich aus der mechanischen Bedeutung der Falten, welche entschieden zur Aussteifung der dünnen Blattlamina beitragen. Solche Falten treten uns in besonders ausgeprägter Form an vielen Blüthenblättern entgegen und lassen auch hier ihre Bedeutung am klarsten erkennen.[1]) Für die Epidermiszellen des schmalen zerschlitzten Wasserlaubes ist diese Gestaltung nicht angebracht, im Gegentheil eine grosse Biegsamkeit der Zipfel eher von Vortheil; ausserdem werden letztere durch das dichtere Medium des Wassers passiv in der richtigen Lage gehalten.

Was die Blattleitbündel anbetrifft, so sind dieselben entsprechend der Auflösung des Laubes in schmale Gebilde in der Regel als einfache axile oder mediane Stränge in den Zipfeln ausgebildet, so bei *Myriophyllum*, *Batrachium*, *Utricularia*, *Ceratophyllum*, *Najas*, *Elodea*, *Callitriche* etc.; bei anderen haben sich ausser den Hauptnerven auch noch sehr reducirte Seitennerven, einer jederseits, welcher nach dem Rande zu verläuft, erhalten, so bei *Potamogeton pectinatus*, *Litorella*, den submersen primären Blättern von *Alisma Plantago*, den submersen Blättern von *Alisma natans*. Bei *Vallisneria* sind im Blatt jederseits vom Hauptnerven 2 Seitenbündel vorhanden, von denen das äussere ausserordentlich dünn und reducirt dicht am Rande verläuft. In den breitspreitigen Blättern gewisser *Potamogetonen* endlich, welche die Phylogenie von Schwimmblättern in ihren Formen verrathen, treffen wir auch ein grösseres System von Längsnerven und Quernerven an.

Die Blattleitbündel werden von einer Parenchymscheide umschlossen, welche nicht wesentlich anders gestaltet ist, als das benachbarte Parenchym. Sie zeichnen sich durch ihren geringen Durchmesser im Vergleich zu demjenigen des ganzen Blattes aus und wiederholen im Allgemeinen die Differenzirung ihrer Elemente, wie sie in den Stammbündeln derselben Species statt hat.[2]) Wie letztere reduciren sie in auffallendem Maass die Xylemelemente, vor allem die Gefässe, welche unter Wasser in Folge Wegfalls der Transpiration und Vereinfachung der Nährstoffaufnahme keine Bedeutung mehr haben. Diese Reduction führt in den Endgliedern der Anpassungsreihe bis zu völligem Schwinden der Wasserleitungsröhren. Ferner macht sich die Tendenz bemerkbar, alle Elemente des Bündels, abgesehen von den Siebröhren, in Form gleichartiger, zartwandiger, englumiger und langgestreckter Parenchymzellen auszubilden. Je weiter die einseitige Anpassung an die Lebensbedingungen unter Wasser vorgeschritten, desto gleich-

[1]) Vergl. E. Köhne: Ueber Zellhautfalten in der Epidermis von Blumenblättern und deren mechanische Function. Ber. deutsch. bot. Ges. II. 1884.

[2]) Vergl. weiter unten in Abschnitt 2.

artiger erscheint das Bündel gestaltet. In manchen Leitbündeln erhalten sich die Gefässe noch als solche, in anderen dagegen werden sie bloss angelegt und später durch Resorption in einen mit Flüssigkeit erfüllten Gang umgewandelt, welcher dann das Blattbündel durchzieht.

Das mechanische Gewebesystem gelangt bei der Mehrzahl der zarten submersen Blätter nicht zur Ausbildung; dieselben bedürfen eines solchen nicht. Das Blatt erlangt seine nöthige Zug-Festigkeit wesentlich durch die Verbindung der Parenchymzellen, vor allem durch die in geschlossener Schicht vorhandene Epidermis, welche in der Regel aus etwas kleineren Elementen besteht, als das darunter gelagerte Blattparenchym. Baststränge oder Fasern treffen wir fast nur bei den grösseren, mit breiten Spreiten versehenen *Potamogeton*-Arten, wie *P. lucens*, *P. perfoliatus* etc. an, bei welchen ihnen eine gewisse Bedeutung auch noch zukommt, ferner in den ausserordentlich langen und schmalen Blättern der *Zostera marina* und anderer Meeresphanerogamen, welche in einem viel bewegteren Medium vegetiren, als die Süsswasserphanerogamen.

Es ist bemerkenswerth, dass die meisten submersen Blätter, ebenso wie auch die Stengel, Secretbehälter, Oeldrüsen, Harzgänge und ähnliche Bildungen nicht besitzen. Der Mangel derselben scheint mir mit deren biologischer Bedeutung in Zusammenhang zu stehen, doch lässt sich etwas Positives darüber nicht aussprechen.

Erwähnt wurde schon oben, dass die submersen Blätter keine Einrichtungen zur Herabsetzung der Transpiration tragen; nie erzeugen sie auf der Oberfläche dichte Haarbekleidungen, besitzen vielmehr meist glatte Epidermen. Haarbildungen treten nur vereinzelt auf. Bei *Utricularia*, *Aldrovandia*, *Hottonia palustris*, *Callitriche* sehen wir auf Blatt und Stamm, besonders dicht an jungen Pflanzentheilen, eigenthümliche, dem nämlichen Typus angehörige Köpfchenhaare verschiedener Form sitzen, über deren Function man nichts Sicheres zu entscheiden vermag. Möglich, dass sie zum Aufsaugen von Nährstoffen bestimmt sind, möglich auch, dass sie als Excretionsorgane fungiren, oder endlich, dass sie ererbte Bildungen ohne besondere Function vorstellen.

Höchst eigenthümliche Trichome sitzen an den jungen Blattspitzen von *Ceratophyllum*[1]) zwischen den beiden Endstacheln, sowie bei *Myriophyllum*[2]) an den Enden und zwischen den Fiederchen der jungen Blätter an der ganzen Knospe. Sie haben die Gestalt mehrzelliger, langgestreckter Anhängsel und sind dicht mit stark lichtbrechendem, gerbstoffhaltigem, ölartigem Inhalt erfüllt. Da sie bald absterben und daher nur in der Nähe des Vegetationspunktes vorhanden sind, so dürfte die Annahme, dass sie vielleicht in irgend einer Weise als Schutzorgan der Endknospe fungiren, einige Wahrscheinlichkeit für sich haben. De Klercker gibt für *Ceratophyllum* an, dass die tanninführenden Trichome eine Art Dach über der Stammspitze bilden und dass sie immer von einer röthlich gelblichen, tanninhaltigen Masse umgeben seien. Sehr wahrscheinlich schützt dieses Secret den zarten Vegetationskegel und die Blattanlagen gegen Parasiten u. dergl., jedoch müssen wir diese Deutung vorläufig dahin gestellt sein lassen.

---

[1]) Borodin, Bot. Ztg. 1870. p. 850. — Magnus, Bot. Ztg. 1871. p. 482. — Hegelmaier, Bot. Ztg. 1871. p. 501. — De Klercker, p. 8. Tfl. I. Fig. 9.

[2]) Borodin, Bot. Ztg. 1870. p. 850. Tfl. XIV. Fig. 8. — Magnus, Bot. Ztg. 1871. p. 482. — Hegelmaier, Bot. Ztg. 1871. p. 493. — Vöchting, p. 13. Tfl. VII. Fig. 30 u. 31.

Dieselbe Function scheint mir auch den sogenannten Squamulae intrafoliaceae (Irmisch)[1]) zuzukommen, welche bei sehr vielen Wasserpflanzen in verschiedenen Formen sich vorfinden, so bei den *Hydrilleen*[2]), *Najadeen*[1]), *Potameen*[1]), *Hydrocharideen*[1]), *Butomeen*[1]), *Alismeen*[1]), *Elatineen*[3]), *Callitricheen*[4]) u. A. Diese Gebilde sind keine Stipulae, wie sie Caspary[2]) bezeichnet, sondern echte Trichome, welche in den Blattachseln in Gestalt von zarten, durchsichtigen, 1 oder 2schichtigen, rundlichen oder länglichen Schüppchen sitzen, frühzeitig an der Stammspitze entstehen, sich rascher als die benachbarten Blattanlagen entwickeln und später zu Grunde gehen, so dass man an älteren Blättern keine Spur mehr von ihnen findet. Wahrscheinlich sondern alle ein Secret ab, welches den Vegetationskegel umhüllt. Müller[3]) gibt für die Schüppchen der Elatineen an, dass die Endzellen ihrer Zipfel ein Secret abscheiden, welches die Blattanlagen und den Vegetationskegel umgebe und vor eindringendem Wasser schützen solle. Wie das Wasser denselben schaden soll, ist mir indessen nicht recht einleuchtend. Die Squamulae intrafoliaceae sind übrigens nicht auf Wasserpflanzen beschränkt, sondern auch Landpflanzen erzeugen sie.

Die in Obigem dargelegten, gemeinsamen anatomischen Eigenschaften der Gewebe, aus welchen das submerse Blatt sich aufbaut, wiederholen sich dem Wesen nach in gleicher Weise bei allen Gliedern der submersen Flora; aber trotzdem treten im Einzelnen, den mannigfaltigen Blattformen der Wassergewächse entsprechend, bedeutende Verschiedenheiten in der Gesammtanordnung des Blattgewebes, der Luftgänge und der Leitbündel hervor. Gewächse aus den entferntesten Familien mit den verschiedensten Blattgestalten haben sich, wenn auch in verschieden hohem Grade, der submersen Lebensweise angepasst, und ihre anatomische Structur nach derselben Richtung hin umgestaltet, ohne deshalb zu identischen Formen zu gelangen. Wir wollen die Blätter dieser untergetaucht vegetirenden Pflanzen nun im Einzelnen bezüglich der anatomischen Structur einer vergleichenden Betrachtung unterwerfen und ordnen sie zu diesem Zwecke in Gruppen, welche sich im Allgemeinen aus der äusseren Blattform ergeben. Um Wiederholungen zu vermeiden, unterlasse ich es, in jedem besonderen Falle auf die gemeinsamen, schon oben dargelegten Gesichtspunkte hinzuweisen.

1) Die dicotylen Gewächse mit submersem, haarförmig zerschlitztem Laub zeigen mehr oder weniger vollkommen cylindrische Blattzipfel, welche in der Anordnung des Parenchyms eine überraschende Analogie mit den dünnen radial gebauten Wasserstengeln verrathen. Die Blattzipfel werden von einem einzigen Leitbündel durchzogen, welches in dem Parenchym eingebettet, bei einigen sogar genau in der Axe wie die axilen Stammbündel, verläuft.

Ceratophyllum demersum sei zunächst betrachtet. Dieses sehr charakteristische submerse Gewächs, welches keine Wurzeln erzeugt und auch keine Landformen hervorbringt, sogar submers blüht und fructificirt, besitzt Blattzipfel, welche im Querschnitt elliptische, fast kreisrunde Gestalt (Fig. 1a) haben und von einem einzigen, sehr kleinen Leitbündel durchzogen werden. Dasselbe verläuft der Blatt-

[1]) Irmisch, p. 177 ff.
[2]) Caspary, Hydrill. p. 394 u. 460. Tfl. XXV. Fig. 12 u. XXVII. Fig. 44.
[3]) Müller, Flora 1877. p. 493. Tfl. VII. Fig. 4 u. 5.
[4]) Hegelmaier, Callitr. p. 11 u. 12. Tfl. II. Fig. 3 u. 18.

oberseite genähert und bestimmt dadurch die dorsiventrale Anordnung des Blattparenchyms. Es wird von einer einfachen Parenchymscheide umschlossen (Fig. 1b). Das Blattparenchym ist schwach entwickelt im Vergleich zum Durchmesser der Zipfel und wird von Luftcanälen, die durch einschichtige Scheidewände von einander getrennt sind, der Länge nach durchzogen, von 3 grossen nach unten zu, 2 viel kleineren nach oben zu. Nach aussen umgrenzt die Längsgänge eine geschlossene, einfache Parenchymlage, welche unmittelbar unter der Epidermis lagert. Die Epidermis (Fig. 1c) besteht aus kleinen, niedrigen, von der Fläche gesehen polygonalen, quergestreckten, gradwandigen und dünnwandigen Zellen, welche die Hauptmasse des Chlorophylls enthalten, während die darunter gelegenen Blattparenchymzellen (Fig. 1d) bedeutend grösser sind, von der Fläche gesehen von fast Rechteckform und in der Längsrichtung kurz gestreckt erscheinen, ebenfalls dünne Wände besitzen, aber nur sparsam die grünen Körperchen enthalten.

Der Stiel der Blattzipfel ist aus denselben Elementen in gleicher Weise aufgebaut, nur sind die Lufträume und die verschiedenen Gewebelagen entsprechend dem grösseren Durchmesser derselben mächtiger entwickelt.

Utricularia minor hat noch zartere und lockerer gebaute Blattzipfel wie *Ceratophyllum*. Das Parenchym zeigt nur eine sehr geringe Entwicklung und wird von einigen grossen und kleinen Luftgängen der Länge nach durchzogen, welche es in lauter einschichtige Septen auflösen. Diese Luftgänge treten nach aussen unmittelbar bis an die Epidermis heran, welche fast die Hauptmasse des ganzen Blattes ausmacht (Fig. 2a und 2b). Hier und da verbinden sich auch die Parenchymsepten seitlich zu einer subepidermalen Lage (Fig. 2b). Da, wo die Scheidewände im Innern zusammentreffen, verläuft von einer wenigzelligen Parenchymscheide umschlossen, das entweder genau im Centrum befindliche oder auch etwas der Oberseite genäherte Leitbündel, welches also im ersteren Falle (Fig. 2a) eine isolaterale oder wenn der Zipfel im Querschnitt kreisrund ist, eine radiale Anordnung der Blattelemente mit sich bringt. Das Leitbündel selbst ist ausserordentlich dünn und besteht aus sehr zarten, englumigen, langgestreckten Elementen, welche in der Regel nur ein einziges enges Ringgefäss umgeben. Die Epidermis führt wiederum die Hauptmasse des Chlorophylls und besteht von oben gesehen aus lang polygonalen, dünnwandigen und gradwandigen Zellen, welche ungefähr dieselben Dimensionen wie die Parenchymzellen besitzen, überhaupt wenig von diesen verschieden erscheinen. Zwischen den Epidermiszellen sind kleine, kurze Haare mit 2zelligem Endknöpfchen eingestreut. Das Parenchym enthält nur sparsam Chlorophyll.

Utricularia vulgaris weicht in der Structur der Blattzipfel von der vorhergehenden Art bedeutend ab und zeigt dagegen grosse Uebereinstimmung mit *Myriophyllum* durch die grössere Entfaltung des Parenchyms, wodurch die Zipfel einen viel kräftigeren Bau erlangen. Vielleicht hängt dieser Unterschied zwischen beiden Arten mit der Beschaffenheit ihrer Wohnplätze zusammen. *Utricularia minor* erhielt ich aus einem kleinen, von Bäumen beschatteten, ruhigen Tümpel bei Bonn, *Utricularia vulgaris* dagegen aus dem grossen Laacher See bei Andernach, dessen Ufer mehr oder minder durch den Wellenschlag, den alle grösseren Seen haben, getroffen werden.

Die zerschlitzten Blätter besitzen radialen Bau ihres cylindrischen Laubes (Fig. 3a). Im Centrum verläuft ein einziges, axiles Leitbündel, welches dicker und etwas höher entwickelt ist, als dasjenige von *Utricularia minor*. Umschlossen wird das Leitbündel von einer einfachen geschlossenen Parenchymscheide, die der Schutzscheide entspricht, auf welche ziemlich regelmässig concentrisch und radial angeordnet etwa

4—5 Schichten Parenchym folgen. Dieselben schliessen ziemlich dicht zusammen und lassen nur kleine Luftgänge zwischen sich offen, von denen die innersten etwas grösser sind und annähernd in einem Ring gruppirt erscheinen. Im Vergleich zu denen von *Utricularia minor* sind also die Zipfel sehr massiv gebaut. Zu äusserst folgt die Epidermis (Fig. 3c), welche von der Fläche betrachtet aus lang polygonalen, gradwandigen, die Hauptmasse des Chlorophylls führenden Zellen mit eingestreuten Köpfchenhaaren besteht. Die Epidermiszellen sind etwas kleiner als die darunter gelagerten Parenchymzellen (Fig. 3d), fast wie diese gestaltet.

Die Endzipfel haben analogen Bau wie die unteren Theile des Blattes, mit dem Unterschied, dass entsprechend ihrem geringeren Durchmesser die Zahl der Parenchymschichten allmälig abnimmt, so dass in den obersten Abschnitten nur 1—2 Lagen das Leitbündel umgeben. Auch flachen sich die Endzipfel etwas ab und gewinnen so einen isolateralen Bau (Fig. 3b).

Myriophyllum hat ziemlich massiv gebaute Blattzipfel, welche denen von *Utricularia vulgaris* ähnlich sind, ebenfalls von einem axilen Leitbündel durchzogen werden und radiale Anordnung des Parenchyms wie im Stengel zeigen, so dass Oberseite und Unterseite keinen Unterschied erkennen lassen (Fig. 4a). Die Epidermis ist spaltöffnungsfrei und besteht aus kleinen, fast cubischen Zellen (Fig. 4b), unter ihr liegt das etwa 4schichtige, in concentrischen Lagen und radialen Strahlen gruppirte Parenchym, dessen Zellen grösser und der Länge nach gestreckt sind. Es umschliesst einen Ring von nicht sehr grossen, durch kurze einschichtige Septen getrennten Luftcanälen. In der Axe verläuft von einer Schutzscheide umschlossen das Blattleitbündel, welches nach der Oberseite zu eine kleine Gruppe von engen Gefässen enthält, nach unten zu ein deutliches, obwohl sehr englumiges Phloëm besitzt. Im Uebrigen sind seine Zellen langgestreckt und zartwandig.[1]) Alle diese Zellen sind zartwandig, besonders auch die Epidermis. Letztere ist in Folge der vielen in ihr enthaltenen Chlorophyllkörper lebhaft grün gefärbt, während das Parenchym grosse, von schwach grünlicher Hülle umgebene Stärkekörner aufweist.

Myriophyllum bildet bekanntlich im Gegensatz zu *Ceratophyllum* und *Utricularia* unter geeigneten Bedingungen kleine, räschenartige Landformen[2]) mit verkürztem Stengel und kleineren Blättern, deren Zipfel weniger an Zahl, auch viel kürzer und dicker beschaffen sind. Nicht nur die äussere Gestalt der Landform weicht von der Wasserform ab, sondern der Einfluss der neuen Lebensbedingungen hat auch in den Blättern eine ganz andere Structur hervorgerufen, welche derjenigen der Luftblätter sich nähert. Wie *Myriophyllum* haben auch viele andere typische submerse Gewächse die Fähigkeit, wenn sie an's Ufer bei sinkendem Wasserspiegel mit ihren Axen gelangen oder wenn ihre Samen auf feuchtem Schlamm an der Luft keimen, sich zu Landformen zu entwickeln und ihr Gewebe, besonders aber die Gewebe des Blattes, zweckentsprechend auszugestalten und diese Structuränderungen bewegen sich in Bahnen, welche zu der normalen Structur der Luftblätter hinüberführen. Was hier für die Landformen von *Myriophyllum* gesagt werden soll, das gilt im geringeren oder höheren Masse auch von den Landformen der übrigen Hydrophyten.

Wenn *Myriophyllum alterniflorum* an sonniger Stelle auf feuchtem Flusskies wächst, so bildet sich eine Form mit wenigen sehr kurzen und dicken Blattfiederchen aus. Dieselben sind nicht mehr radial

[1]) Vergl. Vöchting, p. 12. Abb. des Querschnitts durch das Leitbündel auf Tfl. VII. Fig. 26.
[2]) H. Schenck, Die Biolog. d. Wassergewächse. p. 22 u. 23. Bonn 1885.

gebaut, sondern dorsiventral, im Querschnitt elliptisch. Der Blattnerv zeichnet sich durch viel entwickelteres Xylem aus, entsprechend der erhöhten Anforderung an die Function der Gefässe. Er verläuft der Blattunterseite genähert (Fig. 5a). In der Gestaltung des Blattparenchyms offenbart sich die Dorsiventralität, welche der Einfluss des directen Sonnenlichts an den Luftblättern allgemein hervorruft. Was zunächst die Epidermis anbelangt, so ist sie farblos und enthält höchstens noch einige wenige kleine Chlorophyllkörperchen, sie entwickelt ferner Spaltöffnungen sowohl auf der Ober- als auf der Unterseite und ihre Radialwände zeigen geschlängelten Verlauf der Contouren (Fig. 5b), wodurch die Festigkeit des Blattes erhöht wird. Wie bei den Luftblättern geht die Function der Assimilation auf die Chromatophoren des Blattparenchyms über. An der dem directen Licht ausgesetzten Blattoberseite hat sich durch Streckung der Zellen eine Art grünen Palissadenparenchyms unter der Epidermis differenzirt, während an der Blattunterseite die Zellen mehr abgerundet auf dem Blattquerschnitt erscheinen, grössere Intercellularlücken zwischen sich lassen und so den Beginn einer Schwammparenchymbildung vorstellen.

Die an schattigen feuchten Uferstellen erwachsenen Landformen, beispielsweise von *Myriophyllum spicatum* (Fig. 4c), zeigen die geschilderten anatomischen Verhältnisse etwas weniger ausgeprägt, es bilden sich in ihnen weniger Spaltöffnungen zumal auf der Unterseite aus, die Radialwände der Epidermiszellen (Fig. 4d) sind kaum geschlängelt, letztere aber gestreckt im Gegensatz zu den fast cubischen der Wasserform. Die Palissaden treten nicht so deutlich hervor, erscheinen aber doch auf dem Flächenschnitt in Form von kreisrunden Elementen (Fig. 4e), im Gegensatz zu den polygonalen noch zu fester Lage zusammenschliessenden subepidermalen Parenchymzellen der Blattunterseite (Fig. 4f).

Diese auffallende, durch die Beschaffenheit des umgebenden Mediums bedingte Verschiedenheit in der Structur der Luft- und Wasserblätter, welche sich sogar an Blättern derselben Axe herausbilden kann, lässt sich nun in noch ausgeprägterer Weise bei den entsprechenden Formen unserer Wasserhahnenfüsse constatiren, welchen eine weit grössere Gestaltungsfähigkeit innewohnt.

Wie bei *Myriophyllum* sind auch bei ***Ranunculus aquatilis*** und Verwandten die Zipfel der haarförmig aufgelösten, submersen Blätter fast genau radial gebaut und werden von einem axilen Leitbündel mit schwach ausgebildetem Xylem durchzogen. Das ziemlich dicht zusammenschliessende, stärkeleitende und aufspeichernde Blattparenchym ist ziemlich regelmässig in radiale Reihen angeordnet und wird aussen von der chlorophyllhaltigen Epidermis umgeben, welche bei *Ranunculus fluitans* (Fig. 6b) aus mehr queren, bei *Ran. divaricatus* (Fig. 8b) aus fast isodiametrischen polygonalen, bei *Ran. aquatilis* aus mehr gestreckten, gradseitigen Zellen besteht und im ausgebildeten Zustande des Blattes nie Spaltöffnungen trägt (vergl. p. 7). Bei *Ran. fluitans* (Fig. 6a) sind der Lebensweise in fliessenden Gewässern entsprechend die Zipfel gewöhnlich dicker, zeigen also eine grössere Zahl von Parenchymschichten als die zarten Zipfel des *Ran. aquatilis* und *Ran. divaricatus*. Letzterer (Fig. 8a) hat auch lockerer gebaute Zipfel, in welchen die Lufträume weiter sind. Bezüglich des Chlorophyllgehalts der Blattzellen und der Gestalt der Parenchymzellen (Fig. 8c) gilt das für die oben beschriebenen Hydrophyten Gesagte.

Ganz verschieden und viel höher differenzirt in Folge der erhöhten Ansprüche des Mediums verhalten sich die merkwürdigen Luftblätter der Landformen.[1])

[1]) Vergl. Schenck, Biol. d. Wasserg. p. 27.

Das Luftblatt von *Ran. fluitans* (Fig. 6c) ist im Querschnitt elliptisch mit flacherer Unterseite und wird von mehreren Nerven mit wohl entwickeltem Xylem, der letzteren genähert, durchzogen. Die Epidermis (Fig. 6d) ist farblos, trägt reichlich Stomata auf der Oberseite, weniger reichlich auf der Unterseite und zeigt geschlängelten Verlauf der Radialwände. Das assimilirende Parenchym erscheint in mehrschichtiges Palissadenchlorenchym und rundzelliges Schwammparenchym differenzirt. Aehnlich verhält sich auch *Ran. divaricatus*. Selbstverständlich lassen sich an sumpfigen Stellen, an denen das Wasser zum Theil noch zurückblieb, auch Uebergangsformen zur typischen Wasserform finden.

Am meisten gleichen die breitlappigen Blätter der Landform des *Ran. aquatilis*[1]), welcher die grösste Plasticität besitzt, in der Structur den normalen Luftblättern. Die Palissadenzellen (Fig. 7a) sind gross, lang gestreckt und lassen Athemhöhlen unter den Spaltöffnungen der stark welligen Epidermis (Fig. 7b u. 7c) zwischen sich frei. Unter der Schicht dieser grossen Palissaden lagern sich kürzere Zellen, welche als Leitzellen die assimilirten Stoffe den Leitbündelscheiden zuführen. Das Schwammparenchym ist hier deutlicher entwickelt als bei den anderen Arten.

Bis zu einem gewissen Punkte in der Entwicklung bleibt die Structur der Wasser- und Luftblätter noch übereinstimmend und aus derselben Anlage können beide Formen hervorgehen. Dann aber differenzirt sich das Luftblatt weiter, während das Wasserblatt im Allgemeinen mehr die primären Zellformen beibehält und wesentlich nur noch wächst. Das Wasserblatt stellt somit gewissermassen einen Entwicklungszustand des Luftblattes dar. Obwohl morphologisch unvollkommener, verrichtet aber das Wasserblatt seine physiologischen Functionen eben so gut, wie das höher differenzirte Luftblatt und in dieser Hinsicht sind beide gleich vollkommen anzusehen.

2. An die genannten, zerschlitztblättrigen Wasserpflanzen wollen wir die ebenfalls im Querschnitt mehr oder weniger kreisrunden, pfriemenförmigen Blätter der submersen Formen von *Litorella* und *Isoëtes* anreihen. Beide Gewächse sind amphibisch und zeigen daher keine so weit gehende Umgestaltung der Blattstructur wie etwa die äusserst zarten Zipfel der ausschliesslich submersen *Utricularia minor*.

Bei ***Litorella lacustris***[2]) werden die langen, oberwärts fast genau cylindrischen und die Tendenz zu einer radialen Anordnung der Elemente verrathenden Blätter von einem medianen, ausserdem aber auch noch von zwei kleineren seitlichen Leitbündeln durchzogen (Fig. 10 a). Das mächtig entwickelte, zartwandige Parenchym ist in lauter einschichtige Septen, welche die vielen, ziemlich grossen Luftgänge trennen, zerklüftet und bildet im Umkreis der Leitbündel zartwandige Schutzscheiden und nach aussen eine geschlossene subepidermale Schicht, welche von einer aus schmalen, langen Zellen bestehenden Epidermis (Fig. 10 b u. 10 c.) bedeckt wird. Die Parenchymzellen sind auch lang gestreckt und erscheinen im Querschnitt abgerundet.

Die submers wachsenden Exemplare lassen die charakteristischen Merkmale der untergetauchten Blätter überhaupt erkennen und weichen ziemlich bedeutend in der Structur von den auf Schlamm an der Luft erwachsenen ab, welche im Querschnitt viel breiter erscheinen und deren Länge viel geringer bleibt

[1]) Askenasy, p. 196 u. 200 hat im Wesentlichen die Blattunterschiede zwischen Land- u. Wasserform für Ran. aquat. u. div. kurz hervorgehoben. Seine Querschnittszeichnungen der Blätter der Wasserformen sind nicht ganz genau.

[2]) Vergl. auch Areschoug, p. 143, Taf. VI. Fig. 4 u. VII. Fig. 1 u. 2.

An den Landformen ist die Epidermis viel dickwandiger und trägt auf Ober- und Unterseite zahlreiche, in Längsreihen liegende Spaltöffnungen, während die Wasserform solche in äusserst geringer Zahl nur an der Oberseite zur Entwickelung bringt, obwohl dieselben in diesem Falle ohne Bedeutung sind. Das Parenchym der Wasserform ist zartwandiger, die Luftkanäle sind grösser als bei der Landform. Wesentlich unterscheidet sich an beiden auch die äusserste unter der Epidermis gelegene Parenchymschicht, welche von der Fläche gesehen bei letzterer Form aus abgerundeten Zellen mit Intercellulargängen sich zusammensetzt und so eine ähnliche Ansicht bietet wie das Palissadenparenchym der gewöhnlichen Luftblätter. Besonders an den Kanten stellt die subepidermale Lage eine Art Uebergang zu dieser Gewebsform dar, während dagegen an der Wasserform die äusserste Parenchymlage aus gestreckten, rechteckigen, fast dicht zusammenschliessenden Zellen besteht. Die Blattgefässbündel der Luftpflanze sind oben und unten durch dicke Bastbelege und durch reichliche Gefässbildung ausgezeichnet; in der Wasserform erscheinen die Bastbelege kaum angedeutet und bedeutend weniger Gefässe ausgebildet.

Die gleichfalls pfriemlichen Blätter von ***Isoëtes lacustris*** haben abgerundet viereckigen Querschnitt (Fig. 9a) und werden von einem einzigen centralen Leitbündel durchzogen, welches nach der Blattunterseite zu im Halbkreis Phloëmgruppen, aus Siebröhren und Geleitzellen bestehend, nach oben zu einige wenige Gefässe im Xylem und in der Mitte einen lysigenen Gang enthält. Das Blattparenchym bildet zunächst unter der Epidermis eine ziemlich geschlossene Zone aus 1 bis 2, an einzelnen Stellen auch aus 3 Lagen Zellen; sodann folgen nach innen und zwar in den 4 abgerundeten Kanten des Blattes verlaufend 4 weite Luftgänge, welche von 4 Längsscheidewänden von einander getrennt werden und in unregelmässigen Abständen von zarten Querdiaphragmen gefächert erscheinen. Die Längsscheidewände bestehen aus mehreren Lagen zarter im Querschnitt abgerundeter Parenchymzellen, welche von der äusseren Rindenzone ausgehen und in der Axe des Blattes zusammenstossen, um hier eine mehrschichtige innere Rindenzone um das Leitbündel zu bilden. Die innersten Schichten sind etwas kleinzelliger, eine Schutzscheide ist nicht ausgeprägt. Die Epidermis (Fig. 9c) ist regelmässig zusammengesetzt aus langgestreckten, rechteckigen, zartwandigen Zellen, entwickelt keine Spaltöffnungen und enthält kleine wandständige Chlorophyllkörner, die darunter gelegene Parenchymschicht (Fig. 9b u. 9d) hat kürzere, aber viel breitere, fast isodiametrische Elemente und enthält ebenfalls wie auch die tiefer gelegenen Parenchymzellen Chlorophyllkörner, welche aber wohl mehr der Stärkeleitung als der Assimilation dienen.

Die Landformen von *Isoëtes lacustris* und die terrestren Arten der Gattung entwickeln selbstverständlich Spaltöffnungen und zeigen im Uebrigen dieselben Abänderungen der Structur wie bei der vorhergenannten *Litorella*.

3. Eine dritte, viel mannigfaltigere Reihe von Blattstructuren ergibt sich bei vergleichender Betrachtung der lineal oder lanzettlich gestalteten submersen Blätter, welche im Gegensatz zu den bisher genannten nicht cylindrisch gebaut sind, sondern mehr oder weniger abgeflacht mit Blattoberseite und Unterseite erscheinen, wenn auch in den meisten Fällen ein entsprechender Structurunterschied in Epidermis und Blattparenchym an beiden Blattseiten nicht nachzuweisen ist, so dass diese Blätter, abgesehen von dem medianen Gefässbündel, sowohl rechts und links, als oben und unten symmetrisch oder isolateral gebaut erscheinen.

Zunächst sei hier ***Potamogeton pectinatus*** erwähnt, welcher von den übrigen Arten der Gattung, die am Schlusse dieses Abschnitts betrachtet werden sollen, sehr in der Anordnung der Blattelemente abweicht. *Pot. pectinatus* erzeugt verschiedene Varietäten, die sich durch die Grösse und Dicke der Stengel und Blätter unterscheiden. Eine besonders zarte Form hat Blätter, welche im Querschnitt (Fig. 11a) rundlich elliptische Gestalt und einen sehr zierlichen Bau besitzen. Die Epidermis Fig. 11b) besteht aus kleinen, von der Fläche gesehen hexagonalen bis quadratischen, dünnwandigen Zellen und enthält wiederum die Hauptmasse des Chlorophylls. Unter ihr folgt eine geschlossene Lage etwas grösserer, fast gleichgestalteter Parenchymzellen (Fig. 11c), welche zwei grosse nach den Kanten des Blattes zu gelagerte Längsluftgänge umhüllt. Beide Gänge werden in der Mediane durch eine dickere Parenchymschicht, welche das ganze Blatt durchzieht und I-trägerartig dasselbe festigt, geschieden. In dieser Schicht liegt das Leitbündel, welches aus zartwandigen, langgestreckten Elementen mit einem nach der Blattoberseite zu gelegenen, aus einem Gefässe durch Resorption entstandenen Gang besteht. Die mediane Parenchymplatte umhüllt das Leitbündel mit einer einschichtigen Scheide und spaltet sich oberhalb und unterhalb derselben in 3—4 einschichtige kurze Septen zur Bildung von kleineren Luftgängen. In den beiden Kanten des Blattes hat sich noch je ein zarter Seitennerv, von einer kleinzelligen Parenchymscheide umschlossen und an die subepidermale Parenchymschicht angelagert, erhalten.

Eine grössere Form des *Pot. pectinatus* hat derbere, längere Blätter, welche im Querschnitt viel breiter elliptisch erscheinen. Sie bestehen genau aus denselben Elementen wie bei ersterer Form, mit gleicher Anordnung derselben, nur sind alle Luftgänge und Gewebeschichten ausgedehnter. Die beiden grossen seitlichen Gänge werden gewöhnlich noch von einem einschichtigen Längsseptum gestützt. (Fig. 11d.)

Bei beiden Formen treten in den Gängen von Strecke zu Strecke zarte, einschichtige Quersepten auf, wie allgemein in den Luftgängen der Wasserpflanzen.

Aehnlichen, nur etwas einfacheren Bau zeigt uns das schmallineale Blatt von ***Zannichellia palustris*** (Fig. 12). Dasselbe besitzt wie bei der genannten *Potamogeton*-Art eine kleinzellige, spaltöffnungsfreie, chlorophyllführende Epidermis, darunter wieder die Lage grosszelligen, geschlossenen Parenchyms und nach innen beiderseits je einen grossen Luftgang Beide Gänge werden in der Mediane durch eine Scheidewand getrennt, welche aus dem medianen wie bei *Pot. pectinatus* beschaffenen Leitbündel und dessen grosszelliger einfacher Parenchymscheide, die sich oben und unten an die äussere Parenchymschicht anlegt, gebildet. Seitenbündel sind nicht vorhanden.

An diese Blattstructur schliesst sich unmittelbar diejenige von ***Najas major*** an, welche von Magnus[1]) beschrieben worden ist. Auch das Blatt dieser Pflanze besitzt die kleinzellige, spaltöffnungsfreie Epidermis und darunter eine Lage grosszelligen Parenchyms, welches rechts und links einen hier etwas kleineren Längsluftgang umschliesst. In der Mediane des Blattes verläuft das einfache Leitbündel, welches dieselbe Zusammensetzung wie das axile Stammbündel zeigt, also aus zarten langen Elementen mit einem centralen Gang besteht, der durch Resorption einer Zellreihe, welche einer Gefässanlage homolog zu erachten ist, gebildet wird. Das Leitbündel wird von einer Parenchymscheide umschlossen, die sich oben und unten an die subepidermale Lage anlegt, zu beiden Seiten aber die Luftgänge begrenzt.

[1]) Magnus, Najas, p. 49, Taf. VII. Fig. 1.

Najas minor zeigt nach Magnus[1]) einen viel einfacheren Blattbau, indem die Epidermis und die subepidermale Parenchymlage der vorhergehenden Art hier auf eine einzige ziemlich grosszellige Zellschicht, welche das Blatt aussen umschliesst, reducirt sind. Nur in den Kanten ist beiderseits diese Schicht verstärkt durch eine subepidermale Zellreihe. Im Uebrigen treffen wir dieselbe Anordnung und Structur wie bei *N. major*. Die Luftgänge treten oben und unten bis zur Epidermis.

Die dritte bei uns vorkommende Art der Gattung, ***Najas flexilis,*** vermittelt den Uebergang zu den zarten, im Wesentlichen aus 2 Zellschichten bestehenden Blättchen von *Hydrilla* und *Elodea*. Nach Magnus[2]) hat das Blatt dieser Art in der Mediane den gleichen Bau wie *N. minor*, aber rechts und links von den beiden Luftcanälen erbreitert sich die Lamina durch Zusammentreten der oberen und unteren Epidermis seitlich von den Luftgängen, ohne dass Parenchym sich zwischenlagert. In den äussersten Kanten wird diese zarte Lamina sogar einschichtig. Der Hauptmasse nach besteht das Blatt also nur aus Epidermis.

Noch zarter und einfacher ist das Blatt der beiden *Hydrilleen* gebaut. ***Hydrilla verticillata*** hat nach Caspary[3]) sitzende eilanzettliche bis lineale Blätter, deren jedes in der Mediane von einem gefässlosen Leitbündel durchzogen wird und im Wesentlichen nur aus zwei Zelllagen besteht. Nur dicht am Leitbündel schieben sich noch jederseits einige wenige Parenchymzellreihen ein, zwischen denen und den äusseren Zellschichten einige kleine, mit Luft erfüllte Intercellulargänge auftreten. Die Laminazellen enthalten Chlorophyll, auch die des Randes, welche in regelmässigen Abständen in Zähnchen auslaufen. Sie sind von oben gesehen rechteckig, nach der Spitze zu mehr langpolygonal, an der Basis mehr cubisch. Die Zellen der Oberseite sind grösser als die der Unterseite und hierin offenbart sich noch die ursprüngliche Dorsiventralität des Blattes.

Elodea canadensis, die andere bei uns vorkommende *Hydrillee*, soll nach Caspary[4]) genau denselben einfachen Blattbau besitzen, abgesehen davon, dass die Randzellen und die unter der Mittelrippe befindlichen Zellen weniger Chlorophyll enthalten. Caspary hat indessen übersehen, dass das zarte zweischichtige Blatt Bastfasern enthält, welche in Form einer kleinen Gruppe das Blattleitbündel an der Unterseite begleiten (Fig. 13). Ausserdem sind die unmittelbar unter demselben gelegenen Epidermiszellen sowie an den Blatträndern mehrere nebeneinander liegende Zellen der unteren Epidermis langgestreckt und verdickt, also bastfaserartig differenzirt. Die Randfasern dürften die zarte Lamina wirksam gegen Einreissen schützen. Vielleicht besitzt auch *Hydrilla* solche Fasern.

Vergleichen wir die Structur der letzterwähnten Blätter mit dem normalen Bau eines Luftblattes, so tritt uns eine ausserordentliche Verschiedenheit entgegen. In der höchst einfachen Blattstructur der *Hydrilleen* ist gewissermassen der Abschluss des umgestaltenden Einflusses des flüssigen Mediums erreicht.

Der Hauptmasse nach besteht auch der lineale Blattstiel von ***Aldrovandia vesiculosa***[5]) aus Epidermis. Derselbe muss als das eigentliche Assimilationsorgan angesehen werden, da die Lamina zu einem

---

[1]) Magnus, Najas, p. 50, Tfl. VI. fg. 7.
[2]) ibid. p. 51, Tfl. VI, fg. 8.
[3]) Caspary, Hydrill. p. 389, Tfl. XXV, fg. 8.
[4]) ibid. p. 450.
[5]) Vergl. Caspary, Bot. Ztg. 1859. p. 127, Tfl. IV, fg. 4 u. 24.

Fangapparat umgestaltet ist. Es tritt ein winziges, medianes Leitbündelchen, welches nur an der Basis ein einziges Ringgefässchen enthält, in das Blatt ein. Der Blattstiel erscheint im Querschnitt schmal elliptisch und wird rings umschlossen oder vielmehr gebildet von einer einschichtigen, aus gestreckten, gradwandigen, chlorophyllhaltigen Zellen bestehenden Hülle oder Epidermis [1] (Fig. 14). Spaltöffnungen fehlen selbstverständlich. An diese Zellschicht grenzen unmittelbar die grossen und flachen, von oben betrachtet sechsseitigen Lufträume, durch einschichtige, grüne Parenchymsepten geschieden, welch' letztere auf dem Querschnitt als Brücken zwischen oberer und unterer Epidermis erscheinen. Das Leitbündel verläuft in der Mediane und wird von einer chlorophyllhaltigen, an die Epidermis sich anlegenden Scheide umgeben. Es gibt keine Zweige in die borstenförmigen Anhängsel des Stieles ab, welche am Grunde ähnlich wie dieser gebaut sind, indem die Lufträume auch in sie hineinziehen. Weiter oberwärts aber bestehen die Borsten nur aus langgestreckten grünen Epidermiszellen mit randständigen, farblosen Haarzähnen.

Die Schilderung der Structur der speciell zum Fang und zur Verdauung kleiner Wasserthierchen angepassten Lamina würde an dieser Stelle, wo das Blatt nur als Assimilationsorgan betrachtet werden soll, zu weit vom Thema führen [2]).

Wenn auch etwas complicirter gestaltet, so zeigt merkwürdiger Weise der Querschnitt durch ein submerses, lineares Erstlingsblatt der untergetaucht gekeimten jungen Pflanze von ***Alisma Plantago*** fast dasselbe Bild wie der *Aldrovandia*-Blattstiel (Fig. 15 a). Die Epidermis bildet auch hier den wesentlichsten Theil der Blattsubstanz. Sie besteht von der Fläche gesehen aus rechteckigen, gradwandigen, reichliches Chlorophyll führenden Zellen von quadratischem Querschnitt und bildet keine Stomata aus. Grosse Luftgänge durchziehen das Blatt, treten bis an die Epidermis heran und sind durch einschichtige, grüne Parenchymsepten der Länge nach getrennt, zur Festigung der Quere nach in bestimmten Abständen von zarten perforirten Quersepten gefächert. In der Mediane sind die Luftgänge kleiner und da, wo ihre Parenchymscheiden in der Mitte zusammentreten, verläuft das schmale Leitbündelchen. Auch in den Blatträndern erblickt man ein allerdings sehr winziges Seitenbündelchen.

Auf die zarten linealen Blätter folgen an der Keimpflanze solche mit etwas erbreiterter Spreite, welche schrittweise in die schwimmenden und Luftblätter übergehen. Dieser Uebergang markirt sich aber auch in der inneren Structur, indem an den etwas breiteren Blättern, obwohl noch unter Wasser, schon Spaltöffnungen an der Oberseite zur Entwicklung kommen und auch die Form der Epidermiszellen derjenigen der Luftblätter ähnlich erscheint (Fig. 15 c u. d), indem ferner das Blattmesophyll mit seinen grossen Luftgängen mehr und mehr die Form eines Schwammparenchyms annimmt (Fig. 15 b) und endlich an der Oberseite der Schwimmblätter zu einem Palissadenparenchym sich gestaltet. Recht auffallend ist der Unterschied, den die submersen Erstlingsblätter im Gegensatz zu den ihnen gleichwerthigen ersten Blättern von Keimpflänzchen, welche auf Schlamm an der Luft erwuchsen, bezüglich ihrer Structur zur

[1]) Caspary l. c. sagt, der Blattstiel wie auch der Stamm habe keine Epidermis, seine äusserste Zellschicht sei Parenchym, welches dicht mit Chlorophyll erfüllt sei. Caspary fasst also den Begriff Epidermis rein physiologisch, was aber nicht angängig ist, denn es finden sich alle Uebergänge von der spaltöffnungslosen, chlorophyllhaltigen äussersten Zellschicht der submersen Gewächse bis zu der wohl charakterisirten Oberhaut der Luftpflanzen. Als Epidermis ist die äusserste Zellschicht zu bezeichnen, welche in verschiedener Weise in den beiden Medien Luft und Wasser differenzirt wird, in letzterem Medium weniger von dem unter ihr gelegenen Parenchym abweicht als in ersterem.

[2]) Vergl. darüber Caspary, Bot. Ztg. 1859, p. 127.

Schau tragen. Die von einem reichen Nervennetz durchzogene, eiförmige, zugespitzte Spreite der letzteren zeigt den Bau der Luftspreite überhaupt, also ein gut entwickeltes Palissadenparenchym an der Oberseite und ein Schwammparenchym an der Unterseite (Fig. 15 e), Stomata oben und unten in der chlorophyllosen Epidermis etc. Es ist höchst bemerkenswerth, dass ein und dieselbe Pflanzenart über eine so weit gehende Anpassungsfähigkeit bei der Ausgestaltung der Blattgewebe verfügt.

Alisma natans bildet bekanntlich an ihren Sprossen vor den Schwimmblättern zarte, schmale grasartige, submerse Blätter. Dieselben gleichen sehr den oben beschriebenen von *Alisma Plantago* in Form und Structur, nur sind die Luftgänge in etwas grösserer Zahl vorhanden und liegen ungefähr in 2 Querreihen (Fig. 16 a), auch sind die Epidermiszellen bedeutend länger (Fig. 16 b u. c). Wie aus der Abbildung ersichtlich, ist der Aufbau des Blattes ein isolateraler, wie auch bei den submersen Blättern von *Alisma Plantago*. Die Schwimmblätter von *Al. natans* weichen selbstredend von den untergetauchten Blättern ganz bedeutend in der Structur ab.

Bei ***Callitriche***[1]) lässt sich ein ähnlicher Gegensatz zwischen den submersen und den an der Luft lebenden Blättern constatiren. Indessen liegen die anatomischen Verhältnisse nicht ganz einfach. Am klarsten ist die Structur des submersen Blattes ausgeprägt in der Sectio *Pseudocallitriche*, wozu unsere *Call. autumnalis L.* gehört. Diese Art ist ein ausschliesslich untergetaucht vegetirendes Gewächs, welches, soweit wir wissen, nie Landformen und auch keine Schwimmblätter bildet, sondern stets schmale, lineale flache, zarte Blätter unter Wasser erzeugt, deren Structur dieser Lebensweise entspricht. Die Epidermis trägt nach Hegelmaier weder am ausgebildeten Blatt, noch an den Stengeln Spaltöffnungen, ebenso fehlen die charakteristischen Sternhaare der übrigen *Callitrichen*. Ihre Zellen von oblonger oder trapezoidischer Gestalt mit graden Radialwänden, ordnen sich in zur Längsaxe parallelen Reihen; auf der Unterseite sind sie schmäler wie auf der Oberseite und auch weniger dick. Merkwürdigerweise mangelt der Blattepidermis das Chlorophyll gänzlich, eine vereinzelte Ausnahme im Gegensatz zu dem Verhalten der meisten anderen submersen Gewächse, welche sich durch die Annahme erklären lässt, dass diese Bildung eine vererbte, von der Plasticität der Pflanze nicht überwundene repräsentirt. Das Chlorophyll findet sich in den von der Epidermis umschlossenen Parenchymzellen, welche 2 Lagen mächtig, an den äussersten Rändern nur 1 Lage stark entwickelt sind und zu ebenen Flächen ohne alle Intercellulargänge aneinander gedrängt liegen[2]). Das Blatt wird nur von einem medianen gefässarmen und von einer Parenchymscheide umschlossenen Leitbündel durchzogen. Die obere Lage des Parenchyms ist etwas grosszelliger als die untere, eine Erscheinung, welche die ursprüngliche Differenzirung in Palissaden- und Schwammparenchym noch andeutet.

Die Sectio *Eucallitriche*, wozu unsere gewöhnlichen Arten, *Call. vernalis*, *stagnalis*, *hamulata* gehören, zeigt im Unterschiede von *Pseudocallitriche* eine grosse Variationsfähigkeit im Habitus. In sehr tiefem Wasser sind die Blätter alle schmal lineal, in weniger tiefem erbreitern sie sich löffelförmig und bilden an der Wasseroberfläche Schwimmrosetten. Bei sinkendem Niveau erscheinen Sumpfformen, kleine Kräutchen mit niederliegenden Stengeln und kleinen eiförmigen Blättchen. Hand in Hand geht mit dieser

[1]) Vergl. auch Hegelmaier, Callitr. p. 8. 9. 10. 11. 30. 31. 32.

[2]) Abb. eines Querschnitts durch ein junges Blatt bei Hegelmaier Tfl. II, fg. 2.

Variation auch im Allgemeinen eine entsprechende Abänderung der anatomischen Structur. Die schmallinealen submersen Blätter (Fig. 17a, b u. c) haben demnach ähnlichen Bau wie *Call. autumnalis*, abgesehen davon, dass die Epidermis aller Eucallitrichen die eigenthümlichen Sternhärchen erzeugt und dass auch das Parenchym mächtiger entwickelt ist, gewöhnlich dreischichtig, in der Mediane sogar vierschichtig. Auch lockert sich das Parenchym an der Unterseite zu rundlichen Zellen mit Luftgängen auf, während an der Oberseite die Zellen compacter zusammenschliessen und nur enge Gänge zwischen sich lassen. Neben dem Mediannerven entwickeln sich in der Regel auch noch kleinere seitliche Nerven.

Nach oben zu gehen die schmallinealen Blätter gewöhnlich in solche mit löffelartig erweiterter Spreite, die Vorläufer der Schwimmblätter, über, und eigenthümlicher Weise macht sich dieser Uebergang auch in der anatomischen Structur geltend. Die Epidermiszellen (Fig. 17d u. e) nehmen wellenförmige Contouren an und bilden vereinzelte Spaltöffnungen an der Oberseite aus, obwohl die letzteren völlig nutzlos sind. Auch in der Gestaltung des Parenchyms markirt sich der Uebergang zu den Schwimmblättern. Bei *Eucallitriche* geht somit die Reaction des Mediums auf die Zellengestaltung nicht glatt auf, wie etwa bei *Ranunculus aquatilis*, welchem in dieser Beziehung eine ausserordentliche Gestaltungsfähigkeit zu Statten kommt. Die Vererbung fixirter Eigenthümlichkeiten wirkt bei *Callitriche* dem umgestaltenden Einfluss des Mediums entgegen.

Vergleichen wir das lineale submerse Blatt von *Eucallitriche* mit dem kleinen eilanzettlichen der Landform, etwa bei *C. vernalis*, so bemerken wir an letzterem sofort die schön ausgebildete Epidermis mit den gebuchteten Wänden (Fig. 17g u. h), die Spaltöffnungen zumal auf der Oberseite, sparsamer auf der Unterseite. Unter der oberen Epidermis differenzirt sich ein Palissadenparenchym, bestehend aus dicken, etwas gestreckten Zellen (Fig. 17f) mit kreisrundem Tangentialschnitt (Fig. 17i) und Luftgänge und Athemhöhlen zwischen sich frei lassend. Das Blattparenchym der Unterseite stellt ein typisches Schwammparenchym vor (Fig. 17k).

Hottonia palustris[1]) besitzt zwar gefiederte Blätter, indessen gleichen die einzelnen linealen flachen Fieder sehr in der Structur den schmallinealen submersen Blätter der *Callitrichen*, weshalb diese Pflanze hier angereiht werden soll. Das Blatt von *Hottonia* wird von einem schwachen Gefässbündel durchzogen, welches einfache Aeste in die Fieder abgiebt. Dieses Bündel enthält zarte dünne Elemente und nur einige wenige Ringgefässchen. Zu äusserst umgibt eine dünne Epidermis (Fig. 18b), welche abweichender Weise ebenfalls kein Chlorophyll entwickelt, das Blatt. Ihre Zellen sind von oben gesehen, langgestreckt und ungefähr rechteckig mit sehr schwach gewellten Radialwänden und differenziren sich nirgends zu Spaltöffnungen. Haare sind in Form zerstreuter Köpfchenhaare vorhanden. Das chlorophyllführende Parenchym bildet zunächst um das mediane Bündelchen eine Scheide, nach den Seiten zu lockert es sich auf und lässt grosse Luftlücken zwischen sich. (Fig. 18a). Unter der Epidermis schliesst es sich zu einer dichteren einschichtigen Lage von etwas gestreckten Zellen (Fig. 18c), deren enge Intercellulargänge bis zur Epidermis gehen. Die Blätter sind somit sehr zart und locker gebaut und entbehren der mechanischen Elemente vollständig.

---

[1]) Areschoug, p. 140.

Im Anhange zu den bisher beschriebenen Blattstructuren sei an dieser Stelle die ***Lemna trisulca***[1]) erwähnt, welche submerse, frei schwimmende, blattlose Sprossketten bildet. Diese Sprosse ersetzen die Assimilationsorgane an Stelle der unterdrückten Blätter und zeigen dementsprechend manches Uebereinstimmende in der Structur mit den submersen Blättern überhaupt. Der einzelne Spross besteht aus zwei Gliedern, dem dünnen, gestreckten Sprossstiel und dem breiten flachen, eiförmigen zugespitzten zweiten Sprossglied; zwischen beiden erzeugt das Nodium in seitlichen Taschen die gleichgestalteten Tochtersprosse.

Ein zartes Leitbündel tritt in die Mediane des Sprossstiels ein und spaltet sich im Knoten in drei Aeste für das flache zweite Sprossglied. Die Structur dieser Bündelchen wird im zweiten Abschnitt näher erörtert. Nach aussen werden die Sprosse von einer zarten Epidermis aus tafelförmigen, mit stark buchtigen Seitenwänden in einander greifenden Zellen (Fig. 19c) überzogen. Stomata fehlen gänzlich. Chlorophyll ist in der Epidermis nur in geringer Menge vorhanden, tritt dagegen in den Parenchymzellen wohlentwickelt auf. Die absolute und relative Grösse der Epidermiszellen schwankt etwas; zu beiden Seiten der Mittellinie der Sprosse nehmen sie schmale längsgestreckte Gestalten an.

Der Sprossstiel (Fig. 19a) zeigt im Querschnitt elliptische Form und isolateralen Bau. In seiner Axe befindet sich das Leitbündel, von einer Parenchymscheide umschlossen, an welche sich bis zur Epidermis etwa zwei Lagen grosszelligen Parenchyms anlegen. Das Sprossstielparenchym schliesst dicht zusammen und lässt nur hie und da enge Intercellulargänge frei. Es besteht aus dünnwandigen polygonalen Zellen.

Das zweite Sprossglied enthält unter der Epidermis nach dem Rande zu nur eine einzige Parenchymlage grosser polygonaler Zellen ohne jede Lufthöhlenbildung. Weiter einwärts steigt die Zahl der Parenchymlagen auf zwei und drei und es entwickeln sich alsdann durch Abrundung der Zellen Intercellulargänge (Fig. 19b u. d). An der Basis des zweiten Sprossgliedes ist endlich das Parenchym am mächtigsten (ca. 8 schichtig) und wir treffen hier auch grössere Lufthöhlen in zwei Etagen, welche aber nie die Ausdehnung wie bei den schwimmenden Arten der *Lemnaceen* erreichen. In den Wandungen der Taschen befinden sich nur an der Basis einige Luftkanäle. Die Taschenwandungen zeichnen sich dadurch aus, dass ihre innere Epidermis aus Zellen besteht, welche den Parenchymzellen sehr gleichen, sodass es den Anschein hat, als ob die Epidermis daselbst abgehoben sei (Fig. 19e). Nach den Rändern zu bestehen die Taschenwandungen nur aus den beiden dicht zusammenschliessenden Epidermisschichten.

Bei den an der Oberfläche schwimmenden *Lemnaceen* macht sich zum Unterschied von *Lemna trisulca* der durch den Einfluss des Lichtes herbeigeführte Gegensatz zwischen oberem und unterem Parenchym geltend; es entwickeln sich ferner an der Oberseite in der chlorophylllosen Epidermis Spaltöffnungen und zur Ermöglichung der Schwimmfähigkeit grosse Lufthöhlen, welche an genannter Art nur in geringer Zahl und Grösse erscheinen. *Lemna trisulca* erzeugt bei der Blüthenbildung schwimmende Luftsprosse[2]) und diese nähern sich den übrigen *Lemnaceen* im Bau. Sie weichen von den submersen Sprossen ab in der Gestaltung der Epidermiszellen, welche kleiner sind und an den Radialwänden starke leistenartige

[1]) Vergl. auch Hegelmaier, Lemn., p. 65 ff. u. Taf. VI. Fig. 2—7.
[2]) Hegelmaier, Lemn., p. 61—62.

Verdickungen zur Festigung tragen, durch den Besitz von Spaltöffnungen an der Oberseite und durch grössere Lufthöhlen. Dagegen ergibt sich in der Gestaltung des Parenchyms kaum ein Unterschied.

Bemerkenswerth ist wie für alle *Lemnaceen* auch für *Lemna trisulca* das Auftreten von Raphidenschläuchen im Parenchym.

4. Einige submerse Gewächse zeichnen sich durch sehr lange, grasartige, lineale Blätter aus, welche eine charakteristische Anordnung des Blattgewebes zur Schau tragen und dadurch eine besondere Gruppe für sich bilden.

Vallisneria spiralis[1]) gehört hierher. Die Blätter sind streng isolateral gebaut, Oberseite und Unterseite völlig gleich gestaltet. Das lange Blatt wird von einem grösseren medianen Blattnerven und jederseits zwei seitlichen kleineren, einer davon dicht längs des Randes parallel durchzogen. Mittelst Queranastomosen stehen diese Nerven in Verbindung unter einander. Sie bestehen aus langgestreckten zarten Elementen, enthalten keine Gefässe; aber in dem Theile, welcher dem Xylem homolog zu setzen ist, findet sich ein kleiner, durch Resorption von Zellreihen entstandener Gang. (Fig. 20b.) Der Phloëmtheil liegt nach unten und ist deutlich differenzirt.

Die Spreite lässt zu äusserst eine niedrige Epidermis erkennen, welche von oben gesehen aus mehr oder weniger rechteckigen Zellen, ohne Stomata und Haarbildungen, sich aufbaut. (Fig. 20c.) Die Aussenwandung ist sehr dünn und die Cuticula kaum ausgeprägt. Darunter folgt oben und unten eine Lage grosszelligen, aus langgestreckten Elementen bestehenden Parenchyms, welches dicht zusammenschliesst. Sehr charakteristisch für das *Vallisneria*blatt sind die Längsgänge, welche in höchst regelmässiger Weise das Blatt durchziehen, bis an die genannte Parenchymlage oben und unten herantreten und seitlich durch kurze einschichtige Septen getrennt werden. Diese Septen sind drei Zellen hoch, die mittelste davon erscheint im Querschnitt kleiner als die äusseren, der obigen Parenchymlage angehörenden. Die Längsgänge werden hie und da durch perforirte zarte Querdiaphragmen gefächert.

Chorophyll findet sich in grösster Menge in der Epidermis, sparsamer in allen Parenchymzellen.

Zu dieser Gruppe sind ausserdem die *Seegräser* zu rechnen, welche Blätter von ähnlicher Form wie *Vallisneria*, aber von bedeutend festerem Gefüge und sogar mit Bastrippen versehen besitzen, weil sie an ihrem Wohnort von den Bewegungen des Wassers weit mehr zu leiden haben, als die letztere.

Bei ***Zostera marina***[2]) wird das bis 3 dem lange Blatt von 7 oder 9 an der Spitze mit bogenförmiger Anastomose endigenden Parallelnerven durchzogen, von denen der mediane sich über dieselbe noch etwas fortsetzt. In der Lamina zwischen den Nerven sieht man in gleichmässigen Abständen und gleicher Ausbildung Luftcanäle der Länge nach verlaufen, welche von einschichtigen Längsscheidewänden getrennt werden, sowie durch zarte Quersepten hie und da gefächert erscheinen, also eine ganz analoge und zugleich streng isolaterale Anordnung der constituirenden Elemente wie bei *Vallisneria*.

Zu äusserst wird das Batt (Fig. 21) von der Epidermis überzogen, welche aus kleinen, in Längsreihen übereinander liegenden Zellen mit stark verdickter Aussenwandung und deutlicher Cuticula bestehen.

---

[1]) Vergleiche auch J. Fr. Müller p. 39—41 u. Taf. II.

[2]) Vergl. Grönland, Tafel IV. Fig. 4, Abb. des Querschnitts durch den Blattrand. Beschreibung sehr unvollständig. — Duchartre, Bull. soc. bot. France 1872 pg. 293—295. — Areschoug, pg. 200 ff. Tfl. IV, Fig. 4. — Falkenberg, pg. 23 ff.

Von oben gesehen erscheinen diese Zellen von fast cubischer Form, nach der Blattbasis zu werden sie länger. Sie sind mit Chlorophyll dicht angefüllt, welches fast gänzlich dem inneren Gewebe mangelt. Unter der Epidermis folgt oben und unten wie bei *Vallisneria* eine geschlossene Lage grosszelligen Parenchyms, welche mit der Epidermis die äussere Umhüllung des Blattes abgibt. Die weitere Anordnung der Elemente tritt sofort klar im Querschnitt entgegen. Da, wo ein Nerv verläuft, verbinden sich obere und untere Rinde durch eine dicke mehrschichtige Parenchymlängswand, in welcher das Leitbündel eingeschlossen wird. Zwischen zwei benachbarten Blattnervenwänden durchziehen 6—10 gleichgestaltete, im Querschnitt aufrecht ovale Längscanäle die Lamina. Dieselben treten oben und unten bis an die subepidermale Lage und werden seitlich von einschichtigen etwa 6—8 Zellen hohen Parenchymsepten getrennt, die im Querschnitt wie Brücken zwischen oberer und unterer Rinde aussehen.

Das Blatt von *Zostera marina* umschliesst ausserdem noch zahlreiche Bastbündel, die meisten davon subepidermal oder marginal, die übrigen viel geringer an Zahl und Ausbildung begleiten die Leitbündel. Diese Bastbündel verleihen dem Blatte die nöthige Zugfestigkeit, während die charakteristische I-Träger artige Gestaltung der Parenchymlängswände sehr zur Erreichung der Druck- und Biegungsfestigkeit beiträgt.

Die Blattleitbündel sind collateral gebaut und haben denselben Bau wie die Blattleitbündel der *Potamogetonen*, nach oben einen Xylemtheil mit lysigenem Gang, nach unten einen grossen Phloëmtheil.

Zostera nana hat einen ganz analogen Blattbau, nur viel kleinere Blätter mit nur 3 Nerven, einem medianen und 2 seitlichen schwächeren. Jederseits verlaufen zwischen dem mittleren und dem seitlichen Strang nur 3 Längscanäle, im Ganzen also 6. Ferner sind die Bastbündel weniger zahlreich und alle subepidermal. Sie folgen den beiden Blatträndern und entfernen sich nicht weit von denselben.

Auch ***Cymodocea aequorea*** (Phucagrostis major Cav.)[1]) folgt dem gleichen Typus des Blattbaues wie *Zostera*. Unterschiede ergeben sich im Wesentlichen nur aus der besonderen Structur der Scheidewände, welche die Blattleitbündel enthalten, indem das Parenchym derselben über und unter den letzteren sich zur Bildung von Septallacunen in einschichtige Septen spaltet, welche im Querschnitt das Aussehen von Strahlen, welche von dem Centrum der Scheidewand gegen die subepidermale Parenchymschicht führen, gewähren. Im Medianus entwickeln sich oben und unten je 3 Septallacunen, also je 4 Septen, in den übrigen Blattrippen nur je 2 Lacunen, also 3 Septen. Zwischen den leitbündelführenden Scheidewänden befinden sich nur 2 primäre, grosse Lacunen, welche bis an die Rinde gehen und der Länge nach von einer einschichtigen Wand getrennt sind, wie bei *Zostera* die 6—10 Lacunen zwischen den Rippen. Zwischen dem Randnerven und dem nächstinnern verläuft nur 1 grosse Lacune. Die Bastbündel sind alle subepidermal, abgesehen vom Randbündel, das von der Epidermis durch eine Parenchymzellreihe getrennt ist. Die Anordnung der Bastbündel ist eine regelmässige. Sie finden sich zu je einem am Ende des mittleren Septums der Septallacunen in den Seitenrippen, in der Mittelrippe an den Enden der beiden mittleren Septen der Septallacunen. Blattbündel sind im Ganzen 9 vorhanden, mithin 18 Bastbündel.

[1]) Vergl. Bornet, pg. 43. — Duchartre, Bull. soc. bot. France 1872, pg. 299.

5. Als letzte Gruppe mögen die Blattstructuren der breitspreitigen, grossblätterigen ***Potamogeton***-Arten und im Anschluss daran einiger Arten mit schmalen linealen Blättern betrachtet werden. Diese ersteren *Potamogetonen* wie *P. perfoliatus*, *crispus*, *nitens*, *densus* etc. weichen durch die Gestalt des Laubes sehr von den übrigen submersen und zerschlitztblättrigen Gewächsen ab, treffen aber doch Einrichtungen, um ihre dünne Blattlamina gegen nachtheilige Einwirkungen des bewegten Wassers zu schützen; sie bilden keine Blattstiele aus, sondern sitzen mehr oder weniger stengelumfassend der Axe an, falten sich gewöhnlich der Länge nach zusammen und kräuseln ihren Blattrand. Ferner sind die Rippen, zwischen denen die zarthäutige Lamina ausgespannt ist, ziemlich dick und enthalten auch Bastfasern als mechanische Elemente, während die übrigen submersen Blätter mit Ausnahme der im Meere lebenden Seegräser solcher entbehren.

Potamogeton densus hat eilanzettliche, fast stengelumfassende Blätter, welche von einem Mediannerven und jederseits zwei Seitennerven, die unter einander durch sparsame Queräste anastomosiren, durchzogen werden. Die zwischen diesen Rippen ausgebreitete zarte Lamina besteht nur aus drei Schichten und diese verhalten sich bezüglich der Ausbildung ihrer Zellen ziemlich gleich; nur ist die obere Epidermis etwas grosszelliger (Fig. 22 c). Die Epidermiszellen sind von der Fläche gesehen polygonal und gradwandig (Fig. 22 d u. e), haben sehr dünne und zarte Wandungen, eine dünne Cuticula und entwickeln nie Spaltöffnungen. Alle Laminazellen enthalten vorzugsweise an den breiteren Tangentialwänden gelagerte Chlorophyllkörner. Ferner grenzen die Zellen der Mittelschicht nicht geschlossen an die Epidermis, sondern lassen sehr kleine, aber die ganze Spreite an den Zellkanten durchziehende Intercellulargänge zwischen sich frei. Die dicken Blattrippen werden von Leitbündeln durchzogen, welche mit denen des Stengels bezüglich der Ausbildung der einzelnen Elemente übereinstimmen (Fig. 22 c). Nach oben und unten legen sich einige mechanische Fasern an das Leitbündel, in den Seitenbündeln gewöhnlich nur eine einzige, in den Medianen bis 8. Doch bilden sich die Fasern nicht immer auf beiden Seiten aus.

Die Blattrippen verdanken ihre Dicke der grösseren Entwickelung des Parenchyms mit seinen Längsluftcanälen. Das mediane Bündel wird von einer doppelten Parenchymscheide umgeben, welche oben direct an die Epidermis sich anlegt; nach unten aber befinden sich mehrere im Bogen gestellte und durch einschichtige Septen getrennte Luftgänge (Fig. 22 a), die bis an die Epidermis treten. Einige kleinere Gänge finden sich noch beiderseits oben neben dem Leitbündel. Die Gänge werden durch zarte Quersepten gefächert. Die Seitenbündel sind viel einfacher gebaut und werden rechts und links nur von je einem Luftgang begleitet.

Die anderen breitblättrigen Arten ***P. nitens, perfoliatus, crispus*** etc. besitzen im Wesentlichen genau dieselbe Structur wie *P. densus*. Unterschiede ergeben sich abgesehen von der äusseren Blattform nur aus der Anzahl der Seitennerven, welche namentlich bei *P. perfoliatus* eine grosse ist (jederseits etwa 8), aus der grösseren oder geringeren Entfaltung der mechanischen Fasern im Umkreise der Leitbündel, aus der Gestaltung und Vertheilung der Luftgänge in den Rippen. Bei den obigen 3 Arten werden wenigstens in den grösseren Rippen die Bündel ringsum von einem Kreis solcher Luftgänge umgeben, an welche sich noch jederseits bis zum Beginn der dreischichtigen Lamina 1—2 Seitengänge anlegen.

Die einzelnen Blattgewebselemente der grossblättrigen *Potamogetonen* zeigen, wie aus Obigem hervorgeht, also auch die allgemeinen Eigenschaften der Structur der submersen Blätter überhaupt.

Im Anschluss an die breitblättrigen *Potamogetonen* sollen hier als Vertreter der Arten mit schmalem lincalem Laub *Pot. pusillus* und *Pot. acutifolius* betrachtet werden, welche sich im Blattbau den ersteren nähern, indem die Lamina ebenfalls nur aus 3 Schichten, oberer und unterer Epidermis, sowie mittlerer Parenchymlage, alle 3 aus ähnlich gestalteten Zellen bestehend, zusammengesetzt erscheint.

Die zarten schmalen Blätter des ***Potamogeton pusillus*** werden von einer stark entwickelten Mittelrippe durchzogen, in deren Parenchym das Leitbündel verläuft. Ueber und unter demselben ziehen sich einige kleine Intercellulargänge und beiderseits zwei nebeneinander gelagerte und durch einschichtige Septen getrennte grössere Gänge der Länge nach hin. An die Mittelrippe stösst nun jederseits ziemlich scharf abgesetzt die dünne dreischichtige Lamina, welche jederseits in der Mitte noch von einem schwachen Seitenbündel und dicht am Rande von einer dünnen Bastrippe durchlaufen wird. Chlorophyll ist in allen 3 Schichten gleichmässig vorhanden. Stomata fehlen gänzlich.

Das schmallineale und zugespitzte Blatt von ***Potamogeton acutifolius*** hat ebenfalls ein medianes und jederseits ein seitliches kleineres Leitbündel, doch treten beide kaum hervor. Zu beiden Seiten des medianen Bündels läuft je ein enger Intercellulargang. Das Parenchym vermehrt sich dort nicht, so dass die Mittelrippe nach aussen nur sehr schwach hervortritt. Die Lamina besteht wie bei den anderen Arten aus 3 Schichten. Höchst eigenthümlich ist an dem Blatte dieser Species, dass das mechanische System sich ausnahmsweise stark entwickelt. Sowohl über und unter den Leitbündeln, besonders an der Unterseite bilden sich starke Bastschienen aus (Fig. 23). In der Lamina selbst verlaufen jederseits 6 subepidermale starke Bastrippen gleichmässig über die Spreite vertheilt und der Blattrand wird unter der Epidermis noch von einem besonders starken Bündel mechanischer Zellen gefestigt. Dieses Auftreten von Bastrippen ist ein ganz exceptionelles und dürfte nicht leicht seine Erklärung finden.

Potamogeton pectinatus wurde schon oben erwähnt, er entspricht in seinem Bau ungefähr der Mittelrippe der breiteren Arten und weicht in dem Mangel der dreischichtigen Lamina von diesen bedeutend ab.

Im Wesentlichen wäre damit die Zusammenstellung der Blattstructuren der submersen Gewächse beendigt. Es erübrigt noch zu bemerken, dass die nicht erwähnten Arten, soweit aus vereinzelten Notizen in der Litteratur sich ergibt und auch a priori zu schliessen ist, sich der einen oder anderen Form anschliessen lassen werden. Jedenfalls genügen die angeführten Beispiele vollständig, um die Eingangs dargelegten allgemeinen Gesichtspunkte abzuleiten.

2. Abschnitt.

Die Stammstructur der submersen Gewächse.

Vergleicht man den Stamm der submersen Gewächse mit demjenigen typischer Landpflanzen bezüglich der Structur und der Anordnung der ihn zusammensetzenden Gewebe, so ergeben sich bedeutsame Unterschiede, welche ihre letzte Ursache in der Verschiedenheit der Medien finden und hauptsächlich durch die verschiedenen mechanischen Anforderungen an die Festigkeit des Stengels und durch die verschiedene Art der Nährstoffaufnahme bei Vegetation unter Wasser oder an der Luft hervorgerufen werden. Die Vertreter der submersen Flora sind zum geringsten Theile solche, welche mit gestauchter Achse am Boden vegetiren und aus dieser ein Büschel von langen schmallinealen Blättern erzeugen (*Vallisneria* etc.), zum weitaus grösseren Theile aber solche, welche gestreckte, verzweigte, dünne Stengel besitzen, die entweder frei und wurzellos im Wasser schwimmen (*Utricularia*, *Aldrovandia*, *Ceratophyllum*) oder am Boden aus den unteren, rhizomartigen Stengelgliedern Wurzeln treiben und sich anheften, im Uebrigen aber frei fluthen (*Myriophyllum*, *Potamogeton* etc.). Der kurze dicke Stamm der ersteren zeigt keine besondere mechanische Construction, wohl aber derjenige der letzteren, welcher im Gegensatz zu dem aufrecht wachsenden und zum Tragen des Astwerks und des Laubes biegungsfest construirten Landpflanzenstengel wesentlich zugfest beschaffen sein muss. Die submers schwimmende oder fluthende Pflanze wird passiv infolge der grösseren Dichte des Wassers und des Auftriebs der in den Intercellularräumen enthaltenen Luft in der zum Lichte günstigsten Lage gehalten. So kommt es, dass die Aeste gleiche Ausbildung wie die Hauptaxe erlangen, denn letztere braucht nicht stärker und dicker construirt zu werden, um das Gewicht der ersteren zu tragen. Die nöthige Zugfestigkeit wird nun bei diesen fluthenden und schwimmenden Stengeln dadurch erreicht, dass die langgestreckten Elemente, die Leitbündel nach der Axe hin zusammengerückt werden und daselbst zu einem axilen Leitbündelstrang mehr oder minder innig verschmelzen, nach Analogie zu dem axilen Strang der Wurzeln, welche ebenfalls zugfest gebaut sein müssen.

Aus der Vegetationsweise der submersen Gewächse begreift sich ferner der Mangel des secundären Dickenwachsthums. Haupt- und Nebenaxen gestalten sich gleichartig und wachsen ausserdem, sich verzweigend, an den Spitzen ziemlich rasch vorwärts, während von hinten die Pflanze beständig, in dem einen Falle schneller, in dem andern langsamer, abstirbt und auf diese Weise einen Stock von Tochterindividuen

erzeugt. Auf welche Ursachen diese beständige Verjüngung der ganzen Pflanze zurückgeführt werden muss, ist noch unentschieden[1]). Ein Cambium lässt sich in den wenigsten Leitbündeln erkennen und wo es auftritt, stellt es sehr bald seine Thätigkeit ein.

Die Gewebe, aus denen der Stamm sich aufbaut, sollen im Folgenden einer gesonderten Darstellung unterworfen werden.

1. Leitbündel.

Wie schon erwähnt, verschmelzen die Leitbündel der submersen Gewächse bei den Formen mit langgestreckten Stengeln zu axilen Strängen sowohl bei den dicotylen, als auch bei den monocotylen Vertretern. Der Grad der Verschmelzung ist freilich je nach dem Grade der Anpassuug ein verschiedener. Bei einigen lässt sich noch scharf die Zusammensetzung des Stranges aus einzelnen Leitbündeln, stammeigenen und blattspurigen, erkennen; in den Endgliedern der Anpassungsreihe dagegen stellt der Strang ein einfaches, concentrisches Gebilde vor, welches nur in phylogenetischem Sinne aus der Verschmelzung von Einzelbündeln hervorgegangen zu erachten ist. Eine merkwürdige Ausnahme machen allein die submersen Arten von *Ranunculus*, deren Leitbündel nicht zusammenrücken, sondern frei im Parenchym verlaufen.

Die Vereinfachung der Nährstoffaufnahme unter Wasser führt eine Reduction der die Bündel zusammensetzenden Elemente, in erster Linie des Xylems herbei. Dass die Rückbildung nicht die Verschmelzung der Einzelbündel zu dem axilen Strang veranlasst hat, diese vielmehr wesentlich als eine mechanische Anforderung der submersen Lebensweise aufzufassen ist, ergiebt sich durch den Vergleich mit dem Stengel der *Saprophyten*[2]) und *chlorophyllfreien Parasiten*. Auch bei diesen Gewächsen spielen sich die physiologischen Processe zum Theil anders ab, als bei den grünen Landpflanzen. Mit der Herabsetzung der Transpiration ist die Reduction der Gefässe begleitet, so dass die Leitbündelelemente manches Uebereinstimmende mit denen der Wasserpflanzen trotz der verschiedenen Lebensweise erlangen. Aber die einfachen Leitbündel des Saprophytenstengels behalten ihre ererbte Situation, sie rücken nicht zu axilen Strängen zusammen.

Caspary[3]) hat die Ansicht ausgesprochen, dass die centralen Stränge bei den *Hydrilleen*, bei *Aldrovandia*, bei den *Najadeen* einfache Bündel seien. Sanio[4]) dagegen brachte zuerst den phylogenetischen Gesichtspunkt in die Deutung dieser Gebilde; er sagt, dass die centralen Stränge der erwähnten Wasserpflanzen nicht einfache Bündel, sondern ein dem Verdickungsring analoges Gewebe vorstellen, dass also mit anderen Worten diese Bündel nicht einem Gefässbündel, sondern dem ganzen Bündelsystem, welches

---

[1]) Für das baldige Absterben der unteren Stengelglieder und Blätter und die stetige Erneuerung der submersen Pflanze scheint mir von grossem Einfluss der Umstand zu sein, dass sich auf ersteren sehr bald eine dichte Vegetation von epiphytischen Algen, Diatomeen etc., sowie Pilze und niedere Thiere ansiedeln, welche die Organe in ihren Functionen behindern, ihre Widerstandsfähigkeit abschwächen und die Fäulniss beschleunigen, so dass dadurch die Pflanze gezwungen wird, sich beständig an den Spitzen der Aeste zu erneuern.

[2]) Vergl. beispielsweise Fr. Johow: Die chlorophyllfreien Humusbewohner West-Indiens. Pringsheims Jahrb. f. wiss. Bot. XVI. Berlin 1885.

[3]) Caspary, Pringsheims Jahrb. IV. p. 114 u. ff.

[4]) Sanio, Bot. Ztg. 1863. p. 409 u. Bot. Ztg. 1865 p. 184.

sich sonst aus dem Verdickungsring bildet, entsprechen, mit dem Unterschiede, dass hier die Sonderung in Cambiumbündel und Zwischengewebe ausgeblieben." In ähnlicher Weise fasst auch Russow[1]) die axilen Leitbündel in den Stengeln dicotyler und monocotyler Wasserpflanzen als ein „contrahirtes Leitbündelsystem" auf. „Wenn man mit den in der Axe zusammengedrängten, von einer gemeinsamen Scheide umgebenen Leitbündeln im Stengel der *Potamogeton*-Arten und in den Ausläufern von *Hydrocharis Morsus Ranae* die axilen, als einfache Leitbündel erscheinenden Stränge der *Najadeen*, *Hydrillen*, oder auch die Axenstränge von *Hippuris*, *Myriophyllum*, *Hottonia* vergleicht, so kann man nicht umhin, diese Ansicht für die richtige anzuerkennen. Bei *Hydrocharis* und den dünnstengeligen *Potamogeton*-Arten sind die einzelnen Leitbündel einander so nahe gerückt, dass es erst nach einer längeren sorgfältigen Prüfung und Vergleichung mit den dickstengeligen *Potamogeton*-Arten gelingt, die einzelnen, durch schmale Grundgewebsplatten von einander getrennten Leitbündel zu unterscheiden. Denken wir uns diese schmalen Grundgewebelamellen fort, so kommt ein Leitbündel zu Stande, wie wir es bei *Cymodocea*, *Najas* und *Elodea* finden. Bei *Vallisneria* und *Lemna* ist die Contraction durch Schwinden von Leitbündelelementen noch weiter vorgeschritten; jedenfalls repräsentirt aber hier der winzige, schliesslich nur aus lang gestreckten parenchymatischen Zellen, Leitzellen, bestehende Strang das ganze Leitbündelsystem.

Vom Standpunkt der Descendenztheorie ist diese Auffassung die natürlichste und diejenige, welche sich allgemeinen Eingang verschafft hat.

Die Leitbündel besitzen bei den verschiedenen Vertretern der submersen Flora durchaus nicht dieselbe Structur ihrer Elemente. Es muss berücksichtigt werden, dass die Anpassung in dem einen Fall weiter vorgeschritten sein kann, als in dem anderen. Wir unterscheiden solche Gewächse, welche ausschliesslich submers vegetiren und fructificiren, solche, welche nur auf kurze Zeit ihre Blüthen zur Bestäubung aus dem Wasser hervortauchen und solche, welche sich mehr amphibisch verhalten, Schwimmblätter entwickeln können oder auch Landformen zu bilden im Stande sind, also eine grössere Plasticität sich bewahrt haben. Erstere zeigen dementsprechend auch die weitgehendste Umgestaltung in der Structur, letztere dagegen mehr die von den Landpflanzen ererbten Eigenthümlichkeiten in der Ausbildung der Leitbündelelemente, obwohl bei ihnen eine ganz entschiedene Tendenz, sich den ersteren zu nähern, zu Tage tritt.

Wohin diese Tendenz schliesslich geführt hat, erkennen wir in der einfachen Structur beispielsweise des axilen Stranges von *Zannichellia*. Derselbe ist genau concentrisch gebaut, besitzt in der Mitte einen mit Flüssigkeit erfüllten Längscanal, welcher durch Resorption ursprünglich am Stammscheitel angelegter, aber transitorischer Ringgefässe, der einzigen Gefässe des gesammten Bündels überhaupt, entsteht und von einer Schicht zartwandiger langgestreckter Elemente umgeben wird. Nach aussen lagert sich an letztere bis zur schwach ausgeprägten Schutzscheide reichend eine Ringzone von zartwandigem aber wohl differenzirtem Phloëm, bestehend aus Siebröhren mit ihren Geleitzellen und dazwischen zartwandiges Phloëmparenchym. Die den Canal zunächst umgebenden Zellen müssen wir als Holzparenchym bezeichnen, welches mit dem ersteren zusammen den Holztheil des concentrischen Stranges vorstellt. Uebrigens ist zu bemerken, dass eine scharfe Abgrenzung von Holztheil und Phloëmzone kaum möglich ist, weil Phloëmparenchym und Holzparenchym gleiche Differenzirung zeigen und unmittelbar aneinander

[1]) Russow p. 62.

stossen. Wie ist dieser einfach gebaute Strang zu Stande gekommen? Wir müssen ihn für homolog erachten dem gesammten System von isolirten Leitbündeln der typischen monocotylen Landpflanze. Im Laufe der phylogenetischen Entwicklung rückten infolge immer weiter gehender Anpassung der Structur an die Lebensweise der Pflanze unter Wasser diese Leitbündel bei gleichzeitiger Reduction des Xylems nach der Axe zusammen zu einem gemeinsamen Strang, in welchem die Xylemtheile nach und nach zu einem einzigen axilen Körper verschmolzen, während die Phloëmtheile ihre normale Lage nach aussen beibehaltend, zu einer Ringzone sich vereinigten.

Dass die einfach erscheinenden, axilen Stränge in der That diese phylogenetische Entwicklung zurückgelegt haben, lehrt ein Vergleich mit den höher differenzirten derjenigen Vertreter der submersen Flora, welche noch am meisten die Structur des Stammes der Landpflanzen beibehalten haben. Bei *Potamogeton perfoliatus* sind im axilen Leitbündelkörper die einzelnen Leitbündel noch scharf durch wohl entwickeltes Markgrundgewebe gesondert.

Zwischen beiden Extremen können wir je nach dem Grade der Anpassung, der Reduction der Elemente, des Schwindens des Markgrundgewebes, die übrigen Vertreter in eine Uebergangsreihe einordnen, und zwar nicht nur die Monocotylen, sondern auch die Dicotylen, deren Endglieder den gleichen concentrischen Bau schliesslich erlangen, wie *Zannichellia* unter den ersteren.

Die Verschmelzung der Bündel tritt wohlverstanden nur bei den langstengeligen fluthenden Formen ein, in viel geringeren Grade oder gar nicht dagegen bei denen, welche mit gestauchten, auch wohl ausläufertreibenden Axen Bodenlauben bilden, weil hier auf Zugfestigkeit kein so grosses Gewicht gelegt zu werden braucht. So sind bei *Vallisneria* die Bündel alle isolirt, zeigen aber in der Differenzirung der Elemente die weitgehendste Anpassung.

Beim Vergleich der Leitbündel der submersen Pflanzen mit denen typischer Landpflanzen constatiren wir als auffallendsten Unterschied bei ersteren die Reduction der Gefässbildung. Schon wenn Landpflanzen oder amphibische Gewächse gezwungen werden, unter Wasser zu vegetiren, so ist die Abnahme der Gefässe ein allgemeines Ergebniss [1]), welches sich aus ihrer Function begreift. Bei den Landpflanzen sind die Gefässe die Wasserleitungsbahnen, in welchen sich der Transpirationsstrom und in diesem die zur Assimilation nothwendigen anorganischen Salze von der Wurzel zu den Blättern aufwärts bewegt. Die submersen Gewächse nehmen ihren Bedarf an Nährstoffen dagegen mittelst Diffusion direct aus dem Medium auf [2]) und machen somit die Ausbildung von Gefässen wie auch von Spaltöffnungen überflüssig. Dementsprechend ist die Zahl der Gefässe in ihren Leitbündeln eine minimale, sie ist am grössten noch bei solchen, welche leicht Landformen bilden, oder ihre Inflorescenzaxe zur Bestäubung der Blüthen eine Zeit lang über die Oberfläche an die Luft erheben oder Schwimmblätter bilden, indess bei anderen jegliche Gefässbildung unterbleibt. Nicht nur wird die Zahl der Gefässe eine geringere, auch die Differenzirung derselben eine einfachere [3]), so dass bei den meisten nur noch Ringgefässe zur Ausbildung gelangen.

[1]) Vergl. Costantin, Ann. sc. nat. 1884. p. 293 ff. [Peplis, Nasturtium, Vicia sativa, Ricinus, Phaseolus etc.] — Schenck, Ber. deutsch. bot. Ges. 1885. p. 481. Tfl. XIV. [Cardamine.]

[2]) Vergl. Abschnitt I. p. 6.

[3]) Vergl. Caspary, Gefässbündel der Pfl.

Eine ziemlich allgemeine Erscheinung in den Leitbündeln der submersen Pflanzen, besonders der *Monocotylen*, ist die Thatsache, dass ursprünglich unter dem Vegetationspunkt im Procambiumstrang angelegte Ring- und Spiralgefässe oder Gruppen solcher später bei der Streckung der Internodien durch Resorption der Quer- und auch Längswände sich in einen mit Flüssigkeit erfüllten Gang umwandeln, in welchem hier und da die Verdickungen, einzelne Ringe oder kurze Spiralen, der Wandung anhaftend, noch erhalten bleiben.[1]) Das ausgebildete Leitbündel besitzt dann keine Gefässe mehr; nur in den Knoten, wo die Streckung unterbleibt, sieht man in der Regel noch die Reste der ursprünglichen Gefässe. Es fragt sich, ob diese Gänge die Function der Zuleitung von Wasser und Salzen zu dem Gewebe des Vegetationsscheitels und der wachsenden Region zu erfüllen haben oder ob sie für gewöhnlich von keiner Bedeutung sind, sondern nur die Wasserleitung dann besorgen, wenn die Pflanze ihre Blüthen an die Luft erhebt, oder wenn sie Schwimmblätter bildet, oder bei sinkendem Wasserspiegel an ihren Sprossenden in die Landform übergeht. Diese Frage lässt sich aus dem anatomischen Befund allein nicht entscheiden. Die lysigenen Gänge sind mit Flüssigkeit erfüllt, welche zuweilen in älteren Internodien bräunlich gefärbt erscheint (*Elodea*, *Potamogeton*), so dass es den Anschein hat, als ob die Gänge als Excretbehälter fungirten.

Die transitorischen Gefässe, welche zu einem Gang resorbirt werden, sind in der Regel Ring- und Schraubengefässe. Bei *Elodea* erscheinen indessen diese Gefässe insofern schon reducirt, als es meist nicht mehr zur Ausbildung von vollständigen Ringen, sondern nur von Ringstücken kommt. Bei *Ceratophyllum*, *Najas* und Anderen bemerken wir ebenfalls axile Gänge, aber hier sind es keine Gefässe oder Gefässzellen mehr, aus denen sie entstehen, sondern unverdickte Procambiumzellen, welche als Gefässanlagen zu betrachten sind, deren Querwände aber noch vor Eintritt irgend welcher Verdickungen schon resorbirt werden. Der nähere Vorgang der Resorption, im Besonderen der Träger der Resorptionswirkung, ist uns noch unbekannt.

Holzparenchym ist in allen Fällen vorhanden, wenn auch von sehr einfacher Ausbildung; es umgibt die Gefässe bezw. die aus ihnen hervorgehenden Gänge in Form zartwandiger unverholzter gestreckter Zellen, deren Zahl in den Endgliedern der Reihe eine sehr geringe entsprechend der geringen Gefässbildung wird.

Während der Holztheil der Leitbündel somit eine weitgehende Reduction aufzuweisen hat und schliesslich nur auf eine kleine Gruppe von Elementen beschränkt erscheint, kann von einer Rückbildung des Siebtheiles dagegen nicht gesprochen werden. Sowohl bei denjenigen Vertretern, deren Leitbündel noch gesondert sind, als bei denjenigen mit einfachem axilen Strang, in welchem er als Ringzone entwickelt ist, zeigt der Siebtheil seine typische Differenzirung in Siebröhren nebst ihren Geleitzellen (K. Wilhelm) und in Phloëmparenchym[2]), welches zwischen den ersteren in Form langgestreckter, zartwandiger Zellen gelagert ist. Die Siebröhren sind meist wohl entwickelt und springen auf Querschnitten durch ihr weites Lumen und die Form der Wände in die Augen (vergl. Fig. 35, *Potamogeton perfoliatus*);

[1]) Vergl. auch Frank, p. 130 ff.

[2]) Phloëmparenchym und Geleitzellen wurden früher (De Bary, p. 336) als Cambiform bezeichnet, welchen Ausdruck man nach Ausscheidung der Geleitzellen auf das Phloëmparenchym bezieht. Ich wähle den Ausdruck Phloëmparenchym (entsprechend Holzparenchym) weil bisher unter Cambiform sehr verschiedene Dinge verstanden worden sind.

auf Längsschnitten erkennt man die Siebplatten und die in deren Nähe auftretenden winzigen Stärkekörnchen besonders deutlich bei Zusatz von Jodlösung, erstere auch nach Färbung mit Corallin. Das Phloëmparenchym ist zartwandig und da seine Elemente den Holzparenchymzellen in den Strängen der submersen Gewächse meist gleichgestaltet erscheinen, so ist, weil beide unmittelbar aneinanderstossen, eine scharfe Abgrenzung zwischen Xylem und Phloëm in den meisten Fällen nicht möglich.

Das Phloëm gibt in den einfachen, concentrischen Strängen den Hauptbestandtheil ab im Gegensatz zu dem reducirten, axil stehenden Xylem und zeigt dadurch, sowie durch seine deutliche Differenzirung an, dass seine Function bei den submersen Gewächsen keineswegs überflüssig geworden ist.

Man hat für die einfach gebauten Leitbündel von *Aldrovandia*, *Najas*, *Vallisneria* etc. bisher angenommen, dass sie abgesehen von den lysigenen Gängen aus lauter gleichartigen Elementen, nämlich zartwandigen langgestreckten mit horizontalen oder schiefen Querwänden versehenen Zellen zusammengesetzt seien. Caspary[1]) führte für diese Zellen die Bezeichnung „Leitzellen, cellulae conductrices", in seiner Arbeit über die Hydrilleen ein, weil er fand, dass sie mit Proteïnstoffen dicht erfüllt sind, und glaubte, ihnen die Function der Leitung derselben zusprechen zu müssen. Später wurden die Caspary'schen Leitzellen „Cambiform" genannt, ein Ausdruck, welcher vielfach von den Autoren[2]), welche sich mit der Structur der submersen Pflanzen befassten, angenommen wurde und von Naegeli[3]) herrührt, der darunter ein Procambium versteht, welches ohne zu Xylem oder Phloëm zu werden, in den Dauerzustand übergegangen ist. Da sich indessen für die sogenannten Cambiformstränge bei genauerer Untersuchung herausstellt, dass überall Siebröhren vorhanden sind, so muss die Bezeichnung Leitzellen oder Cambiform für die einfachen Stränge der submersen Pflanzen fallen gelassen werden. Ich halte es für sehr unwahrscheinlich, dass unter den Leitbündeln der submersen Gewächse solche mit gänzlich fehlenden Siebröhren anzutreffen sind. Um so weniger ist in diesen Leitbündeln eine Reduction der Siebröhren zu erwarten, als letztere in der Reihe der Gewächse zuerst gerade bei im Wasser lebenden Pflanzen, gewissen Seetangen, zur Differenzirung gelangen.

Bei manchen dicotylen und monocotylen Vertretern der submersen Flora treffen wir im axilen Strang noch ein wohl entwickeltes Mark an. Die Verschmelzung der Bündel ist also hier noch nicht soweit vorgeschritten, dass die Xylemtheile sich in der Axe vereinigen, wie es bei der Mehrzahl in der That der Fall ist. Innerhalb der Gattung *Potamogeton* können wir die Reduction des Markgrundgewebes klar verfolgen. Dasselbe schwindet immer mehr und mehr, wird schliesslich zu einer dünnen, die Bündel trennenden Zone, deren Elemente die Tendenz zeigen, sich wie das zartwandige Phloëm- und Holzparenchym auszubilden. Bei den einfachst gebauten Arten endlich erscheint das Mark gänzlich unterdrückt.

Sowohl die dicotylen, als auch die monocotylen Vertreter der submersen Flora lassen sich wie schon erwähnt bezüglich des Baues der Leitbündel in je eine Reihe zusammenstellen, welche mit höher differenzirten Formen beginnt und mit einseitig angepassten und einfach gebauten abschliesst, derart, dass die Endglieder beider Reihen eine fast genau übereinstimmende Structur des axilen Stranges zur Schau tragen, ein Ergebniss, welches in letzter Linie auf dem stets nach einer bestimmten Richtung bei

[1]) Caspary, Hydrill. p. 383.
[2]) Beispielsweise von Hegelmaier, Callitr. p. 19.
[3]) Naegeli, p. 4. Vergl. auch Prantl, p. 315.

der phylogenetischen Entwicklung hinwirkenden Einfluss des Mediums beruht. Im Folgenden soll eine derartige Zusammenstellung der Leitbündel versucht und die Structur der letzteren im Einzelnen eingehend dargestellt werden.

α. Reihe der Dicotylen.

Zunächst ist für die dicotylen Vertreter zu bemerken, dass die Verschmelzung der Leitbündel zu einem axilen Strang eine so innige ist, dass die einzelnen Constituenten überhaupt nicht oder kaum noch zu erkennen sind. Eine merkwürdige Ausnahme bilden die Leitbündel von *Ranunculus aquatilis, fluitans* etc., welche frei im Parenchym verlaufen und überhaupt nicht verschmelzen; auf sie soll zum Schluss zurückgekommen werden. Einige Vertreter haben im Inneren des axilen Stranges noch ein deutliches Mark erhalten, welche wir daher an den Anfang unserer Darstellung setzen. Unter denselben sei zunächst erwähnt

Peplis Portula, welche schon einen deutlich ausgeprägten axilen Strang besitzt, in dem die Einzelbündel nicht mehr zu erkennen sind, obwohl die Pflanze amphibisch vegetirend häufiger als Landform denn als submerses Gewächs angetroffen wird. Auf die Schutzscheide folgt (Fig. 24), wenn wir den Querschnitt durch ein Internodium betrachten, zunächst nach innen eine dünne Ringzone zartwandigen Phloëms aus deutlichen, auf dem Längschnitt bei Behandlung mit Jodlösung sofort scharf hervortretenden Siebröhren, aus deren Geleitzellen und aus zartem Phloëmparenchym bestehend, sodann ein Ring von Xylem, welcher sich in regelmässiger Weise aus kurzen, radialen Gefässreihen, die je durch eine radiale Reihe zartwandigen Holzparenchyms getrennt werden, zusammensetzt. Man bemerkt leicht, dass nach zwei gegenüberliegenden, den Blättern zugewandten Seiten die Gefässbildung am reichlichsten vor sich gegangen ist, so dass man zwei bogenförmig zusammenschliessende Gruppen von Gefässstrahlen im Ringe unterscheiden kann. Die Gefässe bilden sich von innen nach aussen, die äusseren sind Netzgefässe. An der Aussenseite des Xylems ist eine Cambiumschicht leicht erkennbar, in welcher man angelegte Gefässe erblickt. Doch hat diese Schicht nach der Streckung der Internodien wohl kaum noch Bedeutung, wie denn allgemein bei Wasserpflanzen das Cambium seine Thätigkeit bald einstellt oder überhaupt nicht nach der Differenzirung des Procambiumstranges sich ausbildet. Merkwürdiger Weise folgt nach innen von der Xylemzone bei *Peplis* eine zweite Phloëmringzone, der äusseren gleich gestaltet, in welcher auf Längsschnitten die Siebröhren ebenfalls leicht zu erkennen sind. *Peplis* leitet sich also von Formen mit bicollateralen Gefässbündeln[1]) ab. Im Innern wird der Strang ausgefüllt mit einem besonders bei der Landform wohl entwickelten Mark, welches bei derselben aus weitlumigen, abgerundeten Elementen mit Intercellulargängen besteht und Kalkoxalatdrusen, wie deren auch in dem Rindenparenchym zerstreut vorkommen, führt. In der Wasserform ist das Mark nicht so scharf charakterisirt, indem seine Zellen dicht ohne Bildung von Intercellulargängen zusammenschliessen und auch keine Drusen oxalsauren Kalkes zu bilden scheinen. Sie lassen sich nach aussen zu auch nicht mehr scharf von den der inneren Siebzone angehörigen parenchymatischen Elementen trennen.

[1]) Nach Russow, p. 66, besitzen die Lythrarien allgemein bicollaterale Leitbündel, ebenso auch Trapa und die übrigen Onagrarieen. — Solche Bündel auch nach De Bary, p. 352, bei manchen anderen dicotylen Familien. (Myrtaceen, Melastomaceen, Cichoriaceen, Solaneen, Cucurbita etc.).

In der Wasserform sind die Gefässe an Zahl geringer, sowie auch der ganze Strang im Verhältniss dünner.

An *Peplis* reiht sich abgesehen davon, dass der innere Phloëmring fehlt, ohne Weiteres *Elatine*[1]).

Bei ***Elatine Alsinastrum***[2]) folgt auf die Schutzscheide zunächst wieder die zarte Phloëmzone, dann der Gefässring, dessen Gefässe aber nicht so regelmässig in kurze, radiale Reihen angeordnet erscheinen (Fig. 25). Die einzelnen Gefässe werden von zartwandigem Holzparenchym umgeben. Im Innern des Stranges hebt sich das Mark durch seine grösseren und weiteren langgestreckten Zellen, welche dicht zusammenschliessen, ab, ohne indessen nach aussen eine scharfe Abgrenzung gegen das zartwandige Holzparenchym zu gestatten, ebenso wenig wie auch die Grenze zwischen Phloëmparenchym und Holzparenchym eine scharfe ist, da ein Cambium im fertigen Stengel nicht zu erkennen ist. Das Mark ist bei *Elatine Alsinastrum* nicht so hoch differenzirt, wie an der Landform von *Peplis*. Am meisten nehmen die centralen Parenchymzellen Markcharakter in den Knoten an, in welchen sie kürzer und weiter sind, nach Müller[3]) sogar kleine Intercellulargänge zwischen sich frei lassen sollen, welche ich an meinem Material jedoch nicht auffinden konnte. Die Abbildung Fig. 25 stellt den Querschnitt durch ein dünnstengeliges, submerses Exemplar dar. Als Sumpfform erwachsen, wird die Pflanze viel dickstengeliger und besitzt einen viel grösseren axilen Strang mit zahlreichen Elementen. Von den Gefässen sind die innersten Ring- oder Schraubengefässe, welche auf Längsschnitten theilweise durch die Streckung auseinander gezerrt erscheinen, die äusseren Netz- und Treppengefässe.

Elatine hydropiper und ***hexandra***[4]) schliessen sich im Bau des axilen Stranges der vorigen Art an, nur ist das Mark als solches noch weniger charakterisirt, indem auch im Knoten keine Intercellulargänge mehr entwickelt werden und die Zellen desselben von den zwischen den Gefässen befindlichen zartwandigen Holzparenchymzellen kaum verschieden erscheinen.

Müller kommt auf Grund des Verlaufs der Blattspuren in Knoten und der Art der Verbindung derselben mit dem axilen Strang zu der Ansicht, dass der axile Strang von *Elatine* sich allein aus Blattspuren zusammensetzt, welche aber im Internodium nicht mehr verfolgt werden können, weil die Verschmelzung schon eine zu weitgehende ist. Bei den beiden letzten Arten, welche zweizählige Blattwirtel besitzen, gruppiren sich die Gefässe in 2 halbmondförmige Abschnitte, nach den Medianen der Blätter zu dicht unter dem Knoten und deuten also hierdurch die Blattspuren noch an. Bei *Elatine Alsinastrum* mit mehrzähligen Blattwirteln lässt sich Aehnliches erkennen.

Hier scheint sich auch die kleine ***Bulliarda aquatica*** nach Caspary's[5]) Darstellung anzuschliessen. Der axile Gefässstrang ist sehr dünn und zeigt zwei undeutliche Gruppen von Gefässen, welche grösstentheils ringförmige, selten hie und da spiralige Verdickungen haben. Die Gefässe haben nach aussen, zur Seite und zwischen sich zarte, lange Zellen, mit graulichen, feinkörnigen Proteïnstoffen erfüllt. Caspary sagt von denselben: „Obgleich die zwischen den Gefässbündeln befindlichen der Lage nach

---

[1]) Vergl. Müller: Flora 1877, p. 481 ff., Tfl. VII.

[2]) Müller, Tfl. VII fg. 1. Abbildung des axilen Stranges im Querschnitt.

[3]) Müller, p. 485.

[4]) Müller, p. 486.

[5]) Caspary, Bulliarda, p. 76 u. 77. Tfl. VII. Fig. 29.

als Mark zu betrachten sind, zeigen sie im Bau und Inhalt von den nach aussen liegenden keinen Unterschied; Holz, Bast, Mark sind hier blos der Lage, nicht dem Bau nach verschieden.“ Diese zarten langen Zellen nennt er „Leitzellen“. Ohne Zweifel stellt indessen der ausserhalb der Gefässzone befindliche Ring Phloëm vor, in welchem sich sicher Siebröhren nachweisen lassen werden. Die Unterscheidung zwischen Phloëmparenchym, Holzparenchym und Mark scheint allerdings hier nur der Lage nach begründet zu sein, indem Differenzen infolge der weitgehenden Reduction nicht zur Ausbildung gekommen sind.

Utricularia vulgaris [1]) gehört gleichfalls in die Gruppe von Vertretern der submersen Flora, welche im axilen Strang noch ein deutlich differenzirtes Mark entwickeln. Indessen sind die Gefässe, wie ein Blick auf die Abbildung des Querschnitts (Fig. 26) lehrt, äusserst reducirt, nur in sehr geringer Zahl (bis 3) vorhanden und ausserdem zeigt der Strang die einzig stehende Eigenthümlichkeit, dass er dorsiventral angeordnet ist, insofern nämlich, als der Xylemtheil nach der Unterseite des schwimmenden Stämmchens zu ausgebildet erscheint. Auf die Schutzscheide folgt nach innen wie bei allen axilen Strängen zunächst die breite Ringzone von Phloëmgruppen mit deutlichen Siebröhren nebst Geleitzellen, welche sich durch kleineres Lumen abheben und von parenchymatischen Elementen getrennt werden. Der Phloëmring umschliesst einen ziemlich mächtigen Gewebekörper, welcher der Hauptmasse nach aus etwas collenchymatisch verdickten, gestreckten Parenchymzellen mit graden Querwänden und Stärke führend besteht und das Mark repräsentirt. Zwischen dieses Mark und die Phloëmzone schiebt sich nach der Unterseite zu der Xylemtheil ein, aus wenigen persistenten Ringgefässen mit umliegendem dünnwandigem Holzparenchym bestehend. Uebrigens ist auch hier die Abgrenzung von Mark nach aussen zu, von Xylemparenchym und Phloëmparenchym nicht scharf zu ziehen, da diese parenchymatischen Elemente an den Grenzen gleichgestaltet sind. Phylogenetisch könnte man sich die Dorsiventralität des Stranges durch die Annahme erklären, dass der Xylemring des normalen axilen Stanges oben und seitlich allmählich geschwunden ist und dass nur an der Unterseite eine Gruppe sich erhalten hat. Eine Cambiumschicht ist nirgends zu erkennen.

Van Tieghem [2]) hat die Siebröhren nicht gesehen und sagt, dass der ganze Strang abgesehen von den Gefässen, von denen er nur eines in der Mitte gesehen haben will, aus einfachen Leitzellen (Caspary) beständen, eine Ansicht, welche sich bei genauer Betrachtung der Structur nicht mehr halten lässt.

Interessant ist der abweichende Bau der Inflorescenzaxe [3]) sowie der Blüthenstielchen von *Utricularia vulgaris*. Auf die Rinde folgt ein biegungsfester Sklerenchymring aus verdickten Bastfasern, in welchem sehr kleine zarte Phloëmbündel eingesprengt sind. An seiner Innenseite lagern sich mehrere in tangentiale Reihen geordnete Gefässgruppen im Umkreis an. Das Centrum ist ausgefüllt von Mark mit axiler Lacune. Nach van Tieghem trifft man in demselben eine kleine Anzahl von kleinen, aus einigen englumigen, langgestreckten Zellen zusammengesetzten Bündelchen, welche jedenfalls markständige kleine Phloëmgruppen repräsentiren. Die Unterschiede im Bau des submersen Stammes und der an die Luft erhobenen Inflorescenzaxe begreifen sich aus den verschiedenen Anforderungen, welche an beide gestellt werden.

Was den axilen Strang von ***Utricularia minor*** anbetrifft, so ist derselbe wie die ganze Pflanze viel zarter wie bei *vulgaris*, besonders bei den kleineren Formen. Das Mark ist dünnwandiger; im Xylem treffen wir häufig nur ein Gefäss an (Fig. 27), in dickeren Stämmchen auch zwei.

[1]) Vergl. Van Tieghem, Ann. sc. nat. 1868, p. 55 und De Bary, p. 385.

[2]) Van Tieghem, ibid., p. 55.

[3]) Van Tieghem. ibid., p. 57 und Russow. p. 67.

Im Vergleich zu *Peplis* zeichnen sich die *Utricularien* schon durch eine sehr weitgehende Umgestaltung des axilen Stranges entsprechend der ausschliesslich submersen Lebensweise aus.

Zu demselben Ergebniss gelangen wir auch durch die Betrachtung des axilen Stranges der ***Callitriche***-Arten [1]), welche auch in viel höherem Maasse Wasserbewohner sind als *Peplis* und *Elatine*. Der Strang umschliesst in seiner Mitte einige dünnwandige parenchymatische Zellen [2]), welche als ein sehr wenig entwickeltes Mark nach Lage und Form aufzufassen sind (Fig. 28 c. u. 29). Diese Markzellen werden aber in der Regel sehr frühzeitig zu einem axilen Gang resorbirt; in den Landformen scheinen sie sich am ehesten noch zu erhalten, obwohl sie auch hier schon abgerundet und mit Intercellulargängen erscheinen. Der axile Hohlgang wird zunächst umschlossen von einem Xylemring und auf diesen folgt bis zur Schutzscheide ein Phloëmring, beide nur aus sehr wenigen Elementen bestehend und nicht scharf von einander abzugrenzen.

In dem schmalen Xylemring erkennen wir mehrere Gefässe, deren Bildung frühzeitig im Procambiumstrang beginnt. Die beiden ersten Gefässe werden nach Hegelmaier nahe der Mitte des Stranges angelegt derart, dass zwischen ihnen eine oder mehrere dünnwandige Zellen, aus denen das Mark resp. die Markhöhle hervorgeht, liegen bleiben, und derart, dass die beiden ersten Gefässe in die Medianebene des zu dem Internodium gehörigen Blattpaares zu stehen kommen. Von diesen beiden Punkten aus schreitet die Gefässbildung bei der weiteren Differenzirung des Stranges seitlich fort, so dass 2 mehr oder weniger deutliche Gefässgruppen schliesslich zu Stande kommen können; sie erreicht aber keine grosse Bedeutung, da verhältnissmässig nur wenige Gefässe gebildet werden, die meisten in den Stengeln der Landformen (ca 12), die wenigsten bei den Wasserformen. Die zuerst differenzirten Gefässe sind Ring- und Spiralgefässe, welche bei der Streckung zu Grunde gehen und in die Bildung der axilen Höhle zum Theil mit eingehen, in welcher man ihre Reste hier und dort der Wandung anhaftend noch erkennen kann. Die axile Höhle wird von fertigen Gefässen und zwischen diesen von zartwandigem Holzparenchym begrenzt. Auch der Phloëmring erlangt keine grosse Mächtigkeit, enthält aber deutlich differenzirte, im Längsschnitt bei Behandlung mit Jodlösung sofort hervortretende Siebröhren mit ihren Geleitzellen und zwischen diesen zartwandiges Phloëmparenchym, welches gerade so gestaltet ist wie das Holzparenchym, nämlich in Form gestreckter zarter Zellen. In den Landformen (Fig. 28 c. u. 29) scheint die Phloëmzone allgemein etwas geringere Entwicklung zu erfahren, als in den Wasserformen. In Fig. 29 erkennt man aus der Form der Zellwände, dass nur etwa 4 Siebröhren, übers Kreuz stehend, in der schmalen Phloëmzone vorhanden sind. Hegelmaier [3]) hat im Phloëmring die Siebröhren nicht gesehen und behauptet, dass, abgesehen von den Gefässen, alle dünnwandigen Elemente Cambiform (Naegeli) oder Leitzellen (Caspary) vorstellten. Wir lassen diese Bezeichnung fallen, weil die normale Differenzirung in Holz- und Siebtheil auch hier sich nachweisen lässt, wenn auch die scharfe Abgrenzung zwischen beiden Theilen an den Berührungslinien nicht möglich erscheint.

Während bei den vorher genannten Gewächsen ein echtes Mark in der Mitte des axilen Stranges sich erhalten hat, welches allerdings bei *Callitriche* in Folge der Resorption kaum noch Bedeutung haben

[1]) Vergl. auch Hegelmaier, Callitr., p. 13 u. Tfl. I.
[2]) Hegelmaier, ibid., Tfl. I, Fig. 2.
[3]) Hegelmaier, ibid., p. 13.

dürfte, sind die axilen Stränge anderer dicotyler Wasserpflanzen eines solchen verlustig gegangen, indem die Xylemgruppen der in die Verschmelzung des axilen Stranges im Laufe der phylogenetischen Entwicklung eingegangenen Einzelbündel sich zu einem einzigen axilen Körper vereinigt haben. Jedoch ist für *Hippuris*, *Myriophyllum* und *Hottonia* zu bemerken, dass, obwohl die ersten Gefässe in der Axe angelegt werden, doch im fertig gebauten Stengel die Gefässe eine Ringzone bilden, welche ein parenchymatisches markähnliches Gewebe einschliesst. In demselben wurden die anfangs dort vorhandenen Gefässe resorbirt. Wir müssen es logisch als Holzparenchym bezeichnen, obwohl es die Form eines Markes angenommen hat.

An die Spitze dieser dicotylen Wassergewächse wollen wir wieder eine amphibische Pflanze stellen, welche wie *Peplis* häufiger als Landform denn als submers fluthende angetroffen wird.

Im ausgebildeten Strang von ***Hippuris vulgaris*** [1]) unterscheiden wir zunächst innerhalb der Schutzscheide wiederum den Phloëmring, welcher aus englumigem, ziemlich derbwandigem Phloëmparenchym mit eingestreuten, dünnwandigen Siebröhren nebst ihren Geleitzellen besteht. Sodann folgt ein mehrschichtiger Xylemring mit zahlreichen Gefässen, zu äusserst Netzgefässe, nach innen Schrauben- und Ringgefässe, getrennt durch dünnwandiges Holzparenchym. Der Gefässring umschliesst nun ein ziemlich grosses, parenchymatisches, dünnwandiges, als Mark erscheinendes Gewebe, welches, wie schon erwähnt, als Holzparenchym aufzufassen ist [2]), weil in der Stammknospe etwa unter dem viertjüngsten Blattwirtel im Procambiumcylinder die ersten Gefässe in Form einer kleinen Gruppe von Ring- resp. Schraubengefässen genau in der Axe differenzirt werden. „Dann folgen, nach Strasburger, Schraubengefässe, welche von den centralen durch dünnwandige Zellen getrennt erscheinen. An der Aussenseite dieser setzt sich der Vorgang in derselben Weise, mit Ueberspringung dünnwandiger Elemente fort. Während an der Aussenseite Gefässe hinzukommen, werden die im Inneren gelegenen bis zur Unkenntlichkeit gedehnt und ihre Verdickungsleisten schliesslich resorbirt. Nur die unverdickten Elemente bleiben erhalten. So kommt das centrale markartige Gewebe zu Stande, das wir im fertigen Stengel von einem Gefässring umgeben sehen."

Trotzdem dass der ganze Strang in Wirklichkeit als ein einfaches centrales Gefässbündel erscheint, muss er phylogenetisch doch als ein contrahirtes Leitbündelsystem aufgefasst werden.

Myriophyllum [3]) ist bezüglich der Structur des axilen Stranges an *Hippuris* ohne Weiteres anzureihen, indem wir hier innerhalb des Gefässringes, welcher in Folge der submersen Lebensweise im Vergleich zu *Hippuris* bedeutend weniger Gefässe zählt, ein markähnliches Gewebe antreffen, welches aber auch als Holzparenchym aufzufassen ist. Die zuerst gebildeten Gefässe erscheinen genau in der Axe des Procambiumcylinders [4]), die Gefässbildung schreitet nach aussen vorwärts, indem gleichzeitig die erst gebildeten resorbirt werden. Interessant verhält sich *Myriophyllum* bezüglich der Differenzirung des Phloëmringes, in welchem sich nämlich, wie Vöchting zuerst nachgewiesen, in der Regel deutliche abgesonderte Phloëmgruppen unterscheiden lassen [5]), während dagegen die Gefässe keine Unterscheidung in Gruppen mehr gestatten. Die Phloëmbündel enthalten Siebröhren; sie sind unter sich durch parenchymatisches,

[1]) Sanio, Bot. Ztg. 1865, p. 184 ff. — Russow, p. 66. — Strasburger, p. 186 u. 250.
[2]) Siehe Strasburger, p. 250.
[3]) Russow, p. 66. — Vöchting, p. 4 ff. Tfl. IV, Fig. 1 u. 2, Tfl. VI, Fig. 15 u. 16.
[4]) Vöchting, Tfl. VI, Fig. 15.
[5]) Vöchting, Tfl. VI, Fig. 16 u. Tfl. IV, Fig. 2.

dem zartwandigen Holzparenchym gleiches Gewebe getrennt, welches seiner Lage nach als Homologon von Markstrahlen aufzufassen sein dürfte. Vöchting hat genau den Verlauf der Phloëmbündel in die Blattleitbündel verfolgt, bezüglich dessen auf seine Arbeit verwiesen wird. Es sind im Querschnitt doppelt so viel Bündel zu sehen als Blätter in den Quirlen vorhanden sind, also entweder 8 oder 10, da die Quirle 4 oder 5 zählig sein können. Diese gesonderten Phloëmbündel deuten die Einzelleitbündel an, aus denen der Strang durch Verschmelzung hervorging.

Myriophyllum bildet Landformen, welche dieselbe Strangstructur wie die Wasserformen bewahren, aber mehr Gefässe zur Ausbildung bringen.

Hottonia palustris [1]) gehört ebenfalls hierher, nur verschmelzen die Phloëmgruppen zu einer einheitlichen Ringzone (Fig. 30). Die Gefässe stehen in unterbrochenem Ring und umgeben das markähnliche Holzparenchym, in dessen Centrum die ersten Gefässe angelegt wurden. Bei der Resorption derselben in Folge der Streckung der Internodien treten an ihre Stelle unregelmässig begrenzte Intercellularlücken, welche mehr oder weniger von dem Parenchym verdrängt werden, zum Theil sich aber noch erhalten, wie aus der Abbildung ersichtlich ist.

Das Phloëm besitzt deutliche Siebröhren, das Xylem anfangs Ring- und Schraubengefässe, dann Netzgefässe. In älteren Stengeln wird ein nur sehr kurze Zeit thätiges Cambium zwischen Phloëmring und Xylemkörper angelegt.

Die Endformen in der Reihe der dicotylen submersen Gewächse stellen *Aldrovandia* und *Ceratophyllum* vor, bei welchen das Mark ebenfalls völlig verschwunden ist und im fertigen Stengel ausserdem gar keine Gefässe mehr angetroffen werden.

Aldrovandia vesiculosa [2]) lässt innerhalb der Schutzscheide, welche hier nur der Lage nach als innerste Rindenschicht charakterisirt ist und nicht die bekannten verkorkten Streifen zeigt, zunächst eine breite Phloëmringzone mit eingestreuten Siebröhren erkennen (Fig. 31). Letztere treten auf Längsschnitten sofort bei Behandlung mit Jodlösung hervor und sind von Caspary, welcher die Zellen des Stranges alle als Leitzellen bezeichnet, übersehen worden. Die Phloëmzone umschliesst eine Gruppe von parenchymatischen Zellen, welche ihrerseits im ausgebildeten Internodium einen axilen Gang umgeben. Derselbe verdankt seine Entstehung der baldigen Resorption einer ursprünglich im jungen Stengel angelegten axilen Gruppe von 8—9 Ringgefässen. Auf Quer- und Längsschnitten bemerkt man hie und da der Wandung des Ganges anhaftend noch die Ringe der im Uebrigen zerstörten Gefässe, welche im Knoten auf kurze Strecken erhalten bleiben und hier den Gang vertreten. Die den Gang umgebenden zartwandigen langgestreckten Zellen sind als letzter Ueberrest des Holzparenchyms anzusehen. Eine scharfe Abgrenzung der centralen Xylemparthie gegen die Phloëmzone ist indessen nicht möglich, da die parenchymatischen

---

[1]) Russow, p. 66 u. Kamienski, Primul., p. 212 u. Tfl. IX, Fig. 13. (Abbildung des Querschnitts durch einen jungen aber schon differenzirten Strang.)

[2]) Caspary, Bot. Ztg. 1862, p. 195, Tfl. VII, Fig. 25. — Die Angaben von Chatin in Bull. soc. bot. France 1858 sind sehr ungenau. Er hat die Luftgänge des Rindenparenchyms für Gefässe angesehen!

Elemente der letzteren dem Holzparenchym gleichgestaltet sind. Der mit Flüssigkeit erfüllte axile Gang vertritt im fertigen Stamm die Gefässe, aber es fragt sich, ob er für die Zuleitung von Wasser und Salzen zu der wachsenden Region von irgend einer Bedeutung ist, es fragt sich ferner, ob auch die früh zerstörten Gefässe eine solche haben oder nicht. Die Pflanze wächst ausschliesslich submers und kann also nicht transpiriren. Bemerkenswerth erscheint die bedeutende Entwicklung der Siebzone gegenüber der Reduction des Xylems. Da erstere gerade so differenzirt ist wie auch bei typischen Landpflanzen, so ist bei ihr von einer Reduction nicht die Rede. Die Siebröhren scheinen auch bei ausschliesslich submersen Gewächsen ihre Function, sei es als Eiweissleiter oder sei es eine andere, unverändert zu erfüllen.

Ceratophyllum [1]) endlich zeigt die weitgehendste Umgestaltung, insofern, als zu keiner Zeit ring- oder spiralförmige Verdickungen im Strange zu erkennen sind. Das ausgebildete Internodium besitzt aber auch hier wie bei *Aldrovandia* einen axilen Gang (Fig. 32), welcher durch Resorption einer kleinen Gruppe, nicht von Gefässen, sondern von englumigen, zartwandigen Procambiumzellen nach Sanio [2]) hervorgeht. Offenbar sind diese Elemente der Ringgefässgruppe von *Aldrovandia* homolog zu setzen, mit dem Unterschiede, dass die Resorption schon eintritt, bevor irgend welche Verdickungen sich gebildet haben. Der Gang wird umgeben von einer Zone etwas collenchymatisch verdickter, stärkehaltiger, markähnlich aussehender, gestreckter Parenchymzellen, welche als Holzparenchym aufzufassen sind. Sodann folgt kaum scharf abgegrenzt, bis zur Schutzscheide reichend eine sehr mächtige Zone von Phloëm mit sehr grossen Siebröhren, die etwa in 2 Reihen angeordnet erscheinen. Jede Siebröhre ist von einer sehr deutlichen kleinen Geleitzelle begleitet, welche offenbar durch Längstheilung aus derselben Mutterzelle wie die Siebröhre hervorging. Zwischen den Siebröhren befindet sich kleinzelliges Phloëmparenchym. Die Siebröhren sind von Sanio für Gänge gehalten worden.

Mit concentrirter Schwefelsäure oder mit schwefelsaurem Anilin behandelt, reagiren alle Wandungen der Zellen des axilen Stranges nur auf Cellulose. Verholzung tritt nirgends ein.

Die submersen Arten der Gruppe ***Batrachium*** unter den *Ranunculus* Arten bilden bezüglich der Anordnung der Stammleitbündel eine bemerkenswerthe und nicht recht zu erklärende Ausnahme im Vergleich zu den übrigen submersen Gewächsen, mit denen sie in ihrer äusseren Gestaltung, in der Blattstructur, sowie im biologischen Verhalten so viele gemeinsame Züge haben. Die Leitbündel verschmelzen nämlich nicht zu axilen Strängen, sondern verlaufen getrennt im Stengel.

Die Internodien von *Ranunculus aquatilis*, *fluitans*, *divaricatus* werden in den typischen Wasserformen von einem im Centrum befindlichen, aus dem Markgrundgewebe durch Zerstörung der Zellen bei der Streckung hervorgehenden Luftcanal durchzogen, während in den Landformen eine Marklacune nicht zur Entwicklung kommt. Etwa in der Mitte zwischen Epidermis und Markhöhle verlaufen im Parenchym regelmässig vertheilt die Einzelleitbündel, deren Zahl eine verschiedene sein kann. Bei *R. divaricatus*

[1]) Sanio, Bot. Ztg. 1865, p. 192. — De Klercker, p. 5, Tfl. I, Fig. 1. Querschnittszeichnung.
[2]) Sanio, Bot. Ztg. 1865, p. 192. — Vergl. auch Frank, p. 142.

zählt man in der Regel in dem dreikantigen Stengel 3 Leitbündel, auch wohl 4 durch Gabelung des einen, bei *R. aquatilis* sah ich in dünnstengeligen Formen nur 4, in dickstengeligen 5—7, ebenso bei *R. fluitans*, während die Landformen der beiden letzten Arten 3 Bündel besitzen.

Das einzelne Leitbündel hat überall sehr übereinstimmenden collateralen Bau und gleicht bis ins Einzelne dem normalen Leitbündel einer monocotylen Pflanze. Nach aussen zu sehen wir einen wohl entwickelten zarten Siebtheil (Fig. 33 u. 34), nach innen dagegen den Xylemtheil, bestehend aus wenigen Gefässen, zartwandigem Holzparenchym und durchzogen von einem (oder auch zwei, Fig. 33) lysigen entstehenden Gang, welcher durch Zerstörung der zuerst angelegten Ringgefässe unter gleichzeitiger Ausweitung gebildet wird. Reste dieser Gefässe erblickt man in Form von einzelnen Ringen hie und da im Gange. Die Leitbündel bestehen verhältnissmässig nur aus wenigen Elementen und erfahren kein nachträgliches Dickenwachsthum, da das Cambium, welches man in einzelnen Bündeln (Fig. 33) noch erkennen kann, sehr bald seine Thätigkeit einstellt.

Die Anzahl der Gefässe schwankt. Am geringsten ist sie bei *R. divaricatus*, welcher fast nur submers mit lauter untergetauchten Blättern vegetirt (Fig. 34). Bei Formen von *R. aquatilis* mit Schwimmblättern steigt ihre Zahl, ebenso bei den Landformen.

Die das Leitbündel umgebenden Zellen zeichnen sich durch kleineren Durchmesser als die Parenchymzellen aus und sind bei *R. divaricatus* und in dünnstengeligen Formen von *R. aquatilis* nicht verdickt und auch nicht verholzt, in dickstengeligen Formen und in Landformen dagegen verdicken und verholzen sie ihre Membran und stellen eine Scheide dar, welcher aber keine grosse mechanische Bedeutung zugeschrieben werden kann. An den Seiten bleiben einzelne Zellen unverdickt und bezeichnen sog. Durchgangsstellen für den Säfteverkehr.

β) Reihe der Monocotylen.

In sehr instructiver Weise lässt sich bei den monocotylen submersen Gewächsen die Phylogenie des einfachen, typischen, axilen Stranges verfolgen, denn es vollzieht sich innerhalb einer einzigen vielgestaltigen Gattung die Umwandlung des aus mehreren Einzelbündeln bestehenden, grossen axilen Leitbündelkörpers stufenweise bis zu einem einfachen concentrischen Strange. Die Gattung *Potamogeton* ist es, welche uns diese interessante Uebergangsreihe vor Augen führt. Sie umfasst auf der einen Seite schwimmende Arten, mit breiten, eiförmigen, lederartigen Schwimmblättern und reichen Blüthenähren, auf der andern Seite typisch submerse mit schmalem grasartigen Laub, dünnen Stengeln und armblüthigen Inflorescenzen, dazwischen aber intermediäre Formen, welche zum Theil noch breite submerse, aber zarthäutige Blattspreiten besitzen und die Abstammung von den schwimmenden Formen verrathen, auch im Bau des axilen Leitbündelsystems sich von diesen nicht unterscheiden, zum Theil aber schon schmälere Blätter und auch einen einfacheren Strang ausbilden. Je mehr sich letztere den typischen schmalblätterigen nähern, um so weiter ist die Verschmelzung der bei den höchsten Arten noch völlig getrennten Bündel zu einem einheitlichen Gebilde vorgeschritten.

Potamogeton perfoliatus [1]) besitzt einen sehr dicken axilen Leitbündelstrang, welcher die einzelnen ihn constituirenden Bündel innerhalb der gemeinsamen Schutzscheide klar hervortreten lässt, weil dieselben noch durch ein sehr entwickeltes Markgrundgewebe von einander getrennt sind. Ueberhaupt schliesst sich diese Art enge an den mit schwimmenden Blättern versehenen *P. natans* [2]) an. Umgeben wird das Strangsystem von einer kleinzelligen, dickwandigen, sich deutlich vom übrigen Rindenparenchym abhebenden Schutzscheide. An dieselbe lagern sich nach Innen im Umkreis 8 Einzelbündel, drei kleinere jederseits, 2 grössere dazwischen in der Medianebene der zweizeilig abwechselnden Blätter. Von den 2 grösseren ist eines sehr entwickelt, es besitzt 3 Phloëmtheile und repräsentirt 3 verschmolzene Blattspurbündel, welche im nächst oberen Internodium frei verlaufen und dann in das zu demselben gehörige Blatt einbiegen. Das diesem grösseren Bündel gegenüberstehende geht als Medianbündel und das äusserste der 3 kleinen Bündel rechts und links als Seitenbündel in das zu dem Internodium selbst gehörige Blatt. Die 4 übrigen in den Ecken gelagerten Leitbündel des axilen Stranges sind stammeigene. Uebrigens kommen Variationen durch Theilung resp. Verschmelzung von Bündeln vor, welche bei diesen wie auch bei andern Arten davon herrühren, dass die Blattspuren sich nicht immer in gleicher Höhe vereinigen.

Jedes einzelne Bündel hat nun einen sehr einfachen und typischen Bau (Fig. 35). Zunächst ist der Xylemtheil reducirt, indem die ursprünglich in ihm angelegte Gefässgruppe zu einem grossen Intercellulargang, welcher mit Flüssigkeit angefüllt erscheint, resorbirt worden ist. Nur im Knoten, wo alle Zellen verkürzt sind, bleiben die Netz- und Spiraltracheiden, durch zarte Verdickungen ausgezeichnet, erhalten, während im Internodium im Gange hie und da einzelne Ringe oder Spiralstücke der Wandung anhaftend die Entstehung des Ganges aus Gefässen verrathen. Der Gang gewinnt durch tangentiale Theilungen der ihn umgebenden Zellen ein ziemlich bedeutendes Lumen. Diese letzteren Zellen sind zartwandig, langgestreckt, führen gewöhnlich feinkörnige Stärke und stellen, wie vielleicht auch die nächst benachbarten gleichgestalteten Zellen das Holzparenchym vor, welches aber gegen den nach aussen hin liegenden Phloëmtheil wie überhaupt in den Leitbündeln der submersen Pflanzen keine scharfe Abgrenzung gestattet. Der zartwandige Siebtheil besitzt eine so typische Entwickelung, wie ein Blick auf Fig. 35 lehrt, dass von einer Reduction nicht im Mindesten die Rede sein kann. Die Siebröhren charakterisiren sich sofort auf Quer- und Längsschnitten durch ihr weites Lumen und die deutlichen Siebplatten, sie sind von Geleitzellen umgeben, die im Querschnitt von eigenthümlicher eckiger zusammengedrückter Form erscheinen. Sparsam ist dazwischen Phloëmparenchym entwickelt. In dem Bündel Fig. 35 zählt man ohne Mühe 9 Siebröhren. Das grösste Bündel des Stranges hat 3 solcher Siebtheile in Folge der Verschmelzung aus 3 Einzelbündeln, deren Xylemtheile sich vereinigten und einen gemeinsamen grossen lysigenen Gang ausbildeten, während die Phloëmtheile durch ihre Lage und durch seitlich eindringendes Grundgewebe noch ziemlich scharf getrennt blieben. Ueberhaupt scheint, wie wir auch bei *P. pusillus* noch sehen werden, die Verschmelzung der Bündel sich zunächst auf das Xylem zu richten.

Jedes Bündel wird von einem schmalen, unterbrochenen Belag aus englumigen, dickwandigen Bastfasern, besonders in den Ecken, umgeben. Auch zwischen Schutzscheide und Phloëm schieben sich solche Fasern ein.

[1]) Scheifers, p. 23. — Scheifers bezeichnet die Holzparenchymzellen, welche die Xylemgänge umgeben, als Langzellen.
[2]) De Bary, p. 382, Fig. 170. Abb. des Stranges im Querschnitt.

Das schwach collenchymatisch verdickte Grundgewebe (Fig. 35 mp), welches die Einzelbündel trennt, ist wohl entwickelt und nimmt hier noch den grössten Theil des Stranges ein. Es besteht aus weitlumigen gestreckten Elementen mit graden Querwänden, entwickelt ziemlich grosse Intercellularräume und enthält reichlich grosskörnige Stärke.

Während in den Laubsprossen die Leitbündel schon zu einem axilen Körper zusammentreten, hat sich die Verschmelzung noch nicht auf diejenigen der Inflorescenzaxen ausgedehnt, deren Bündel alle vollständig getrennt im lacunösen Parenchym ohne gemeinsame Scheide verlaufen. Dieser Unterschied zwischen Laub- und Blüthenaxen wiederholt sich in mehr oder minder ausgeprägter Weise auch bei den übrigen Arten und ist vielleicht in den verschiedenen mechanischen Anforderungen an beide Organe begründet.

Potamogeton nitens, mit submersen breitlanzettlichen Blättern, nähert sich im Bau des Stranges der vorhergehenden Art, aber die Einzelbündel sind hier schon nahe zusammengerückt, das Grundgewebe gibt nicht mehr den Hauptbestandtheil ab. Der Stengel erscheint seitlich etwas zusammengedrückt und dementsprechend hat auch das Bündelsystem elliptische Querschnittsform. Wir zählen wie bei *P. perfoliatus* für gewöhnlich 8 Einzelbündel, darunter ein dreitheiliges, indessen sind Variationen häufig in Folge von Verzweigung oder Vereinigung. In Fig. 36 beispielsweise sind 10 Bündel vorhanden, wovon eines (rechts unten) die Zweitheilung des Xylemganges zeigt. Die Schutzscheide ist kleinzellig, dickwandig und verstärkt sich da, wo die Leitbündel sich anlegen, noch durch eine Lage von Bastfasern. Die einzelnen Bündel sind wie bei *P. perfol.* gebaut, dagegen das Grundgewebe nur in Form schmaler, die Bündel trennender Zonen entwickelt (Fig. 36, mp.). Man erkennt seine Zellen an dem weiteren Lumen, der grobkörnigen Stärke und der etwas verdickten Wandung, während die eigentlichen Leitbündelelemente alle zartwandig bleiben. Intercellulargänge kommen nicht mehr zur Ausbildung. Hier und da, besonders in den Ecken der Bündel, treten im Grundgewebe Bastfasern auf.

Potamogeton crispus[1]) vermittelt den Uebergang zu denjenigen Arten, in deren axilem Strang nur mehr 3 Leitbündel, ein grösseres mittleres mit 2 Phloëmgruppen und je ein seitliches mit je einer Phloëmgruppe, erhalten blieben. Die Zusammensetzung des Stranges von *P. crispus* variirt ziemlich bedeutend, stets aber können wir 3 Bündelgruppen unterscheiden, nämlich eine mittlere und 2 seitliche, in der Transversale des zum Internodium gehörenden Blattes gelegene. Die mittlere Bündelgruppe des im Querschnitt elliptischen Stranges lässt nach innen zu in dicken Stengeln 2 Xylemgänge nahe der Mitte in der Mediane beisammenliegend erkennen (Fig. 37); im Umkreise lagern sich Phloëmgruppen, von denen 3, nämlich eine der Schutzscheide anliegende und 2 seitliche, zu dem grösseren der beiden Xylemgänge zugerechnet werden müssen und mit diesem ein aus 3 Bündeln verschmolzenes grösseres Bündel vorstellen, während nach aussen von dem kleineren medianen Xylemgang nur eine Phloëmgruppe anzutreffen ist, welche mit diesem ein einfaches Bündel bildet. In der Mediane liegt somit ein einfaches und ein 3theiliges mit gemeinsamem Holztheil, beide sind nahe zusammengerückt und stossen schon unmittelbar mit ihren Holztheilen in der Mitte zusammen, während die Phloëmtheile durch seitlich eindringendes Markgrundgewebe noch eine gewisse Selbstständigkeit sich erhalten haben. Nicht selten, namentlich in dünnstengeligen

[1]) Die Darstellung von Falkenberg, pg. 21, zum Theil nicht richtig. — Vergl. Scheifers pg. 24, dessen Angaben nach Obigem ergänzt werden müssen.

Exemplaren, tritt nun eine wirkliche Verschmelzung der Xylemtheile der beiden medianen Bündel ein, so dass nur ein einziger grosser axiler Canal mit umliegendem, zartwandigem Holzparenchym zur Entwicklung kommt, wobei aber die Phloëmtheile als solche noch einigermassen abgegrenzt bleiben.

Zu beiden Seiten wird die mittlere Bündelgruppe begrenzt von dickwandigem, grobkörnige Stärke führendem Markgrundgewebe in Form einer etwa 3schichtigen Querzone, welche bis an die kleinzellige dickwandige Schutzscheide beiderseits hinanreicht. Rechts und links von diesem Gewebe folgt dann je eine seitliche Bündelgruppe, welche in dickeren Stengeln aus 3 Leitbündeln mit 3 Xylemgängen und drei Phloëmgruppen hervorgegangen ist. Diese 3 Leitbündel können in verschieden hohem Grade verschmelzen, so dass in den einfachsten Fällen jederseits nur 1 Xylemgang und 2 kaum abgegrenzte Phloëmtheile sich erhalten. In Fig. 37 beispielsweise besteht das Bündel rechts aus 2 nahe zusammengerückten Holztheilen und 2 zugehörigen Phloëmtheilen, links dagegen ist nur 1 Holztheil mehr vorhanden.

Wir constatiren also bei *P. crispus* in den complicirtesten Fällen noch eine ähnliche Strangzusammensetzung wie bei *P. perfoliatus*, in den einfachsten dagegen eine solche, wie sie bei den folgenden Arten *P. lucens*, *acutifolius* etc. ungefähr wiederkehrt.

Im Einzelnen sind die Elemente der Einzelbündel genau ebenso differenzirt wie bei den schon besprochenen Arten. Die Zellen, welche die Xylemgänge umgeben, zartwandig und langgestreckt erscheinen, fassen wir als Holzparenchym auf, welches mit dem Gang den sehr reducirten Holztheil vorstellt. Wir sehen auch hier wieder, dass die Verschmelzung zunächst die Holztheile betrifft und dann erst die Phloëmgruppen.

Potamogeton lucens (Fig. 38) lässt ebenfalls eine mittlere Bündelgruppe in der Mediane erkennen und rechts und links davon durch Grundgewebe getrennt je ein seitliches Bündel, so dass die Querschnittsform auch eine Ellipse vorstellt.

Das mittlere Bündel hat einen einzigen grossen Xylemgang im Centrum, umgeben von Holzparenchymzellen. Nach aussen legen sich in der Mediane bis zur Schutzscheide reichend und von dieser nur durch eine Gruppe mehr oder weniger verdickter Fasern getrennt, an diesen centralen Holztheil zwei grosse Phloëmgruppen, während die beiden seitlichen Bündel einfache sind, mit 1 Xylemgang und 1 halbmondförmigen Siebtheil versehen. Uebrigens beobachtet man auch Fälle, wo in der mittleren Bündelgruppe 2 centrale, nahe zusammenliegende Xylemgänge vorhanden sind und in den seitlichen Bündelgruppen ebenfalls Theilungen eintreten, wenn nämlich die Blattspuren auf längere Strecke ihre Selbstständigkeit bewahren. Zum Unterschiede von *Pot. crispus* sind also hier schon die beiden seitlichen Phloëmgruppen des mittleren Bündels ganz verschwunden. Wir erkennen die Tendenz zu einer concentrischen einheitlichen Ausbildung des gesammten Stranges, welche hier in der Medianebene sich schon vollzogen hat. Wir werden bei den folgenden Arten sehen, dass auch in der Transversalebene ein Zusammenrücken der Bündel allmählich eintritt und dass mit dem Schwinden des Markgrundgewebes die Xylemtheile sich zu einem einzigen centralen vereinigen und dass endlich auch das Phloëm in Form einer einzigen Ringzone um diesen centralen Xylemtheil mit seinem einzigen axilen Gange ausgebildet erscheint.

Das Grundgewebe ist bei *P. lucens* zartwandig, verdickt sich aber in ganz alten Stengeln etwas; seine Zellen sind zweitlumig, führen reichlich Stärke und lassen winzige Intercellulargänge in den Kanten erkennen. Zwischen Grundgewebe und Xylem schieben sich in dem grösseren Durchmesser des Stranges Gruppen von wenig verdickten Bastfasern ein. Die Schutzscheide wird u-förmig verdickt.

Schon bei ***Potamogeton densus***[1]) (Fig. 39), dessen Strang sich durch Zartwandigkeit aller Elemente, auch der Schutzscheide, auszeichnet, sind die seitlichen Bündel von dem mittleren kaum geschieden. Bei genauem Zusehen und bei dem Vergleich mit der vorhergehenden Art jedoch wird man noch eine Zellschicht erkennen können, welche der Lage nach dem Grundgewebe entsprechen muss, obgleich ihre Zellen im Querschnitt sich durch nichts von den Holz- und Phloëmparenchymzellen unterscheiden (Fig. 39 mp.). Auf dem Längsschnitt dagegen treten diese Zellen schärfer als Grundgewebe hervor durch ihre Kürze und durch ihre graden Querwände. Dagegen erscheinen in der Inflorescenzaxe die Einzelbündel in dem axilen Körper schärfer gesondert, ähnlich wie bei *P. lucens* im Stamm durch weitlumigeres Grundgewebe zwischen den mittleren und den seitlichen Bündelgruppen.

Der Strang von ***Potamogeton acutifolius***[2]) (Fig. 40) hat noch dieselbe Zusammensetzung wie bei *P. lucens*, ist aber in allen Theilen geringer entwickelt, was die Zahl der Elemente betrifft, aus denen er besteht. Der schmale Strang hat im Querschnitt Ellipsenform. Er wird von einer sehr dickwandigen, festen Schutzscheide umschlossen. Das mittlere Bündel mit seinem centralen Xylemgang und seinen beiden Phoëmtheilen erscheint von den kleinen seitlichen Bündeln scharf abgegrenzt durch je eine Zone von stark verdickten langgestreckten Zellen an Stelle des zarten Grundgewebes des *Pot. lucens*, welche als letzter Ueberrest des Markgrundgewebes aufgefasst werden müssen. In der Inflorescenzaxe von *Pot. acutifolius* verlaufen die 3 Bündel, von Bastscheiden umgeben, völlig getrennt nahe der Mitte im Grundgewebe.

Schreiten wir jetzt noch eine Stufe abwärts, so tritt uns in dem axilen Strang von ***Potamogeton pusillus***[3]) (Fig. 41) ein Gebilde entgegen, welches im Vergleich zu *P. perfoliatus* eine ausserordentliche Vereinfachung zur Schau trägt. Die beiden seitlichen Bündel sind durch Schwinden des Grundgewebes resp. der Bastgruppen mit dem mittleren verschmolzen. Nur ein einziger axiler Xylemgang ist vorhanden, indessen bleiben die Phloëmgruppen der Seitenbündel noch als solche zu erkennen, indem sich zwischen sie und die mittleren Phloëmgruppen von der Schutzscheide aus bis an das Holzparenchym des centralen Xylems noch einige wenig verdickte Fasern einschieben, so dass 4 gesonderte Phloëmgruppen sich erhalten. Gerade der Strang der genannten Art verdient besonders Interesse als letzter Uebergang zu demjenigen von

Potamogeton pectinatus (Fig 42a), welcher, von kreisrundem Querschnitt, eine vollkommen concentrische Anordnung seiner Elemente eintreten lässt. Innerhalb der Schutzscheide, welche bei einer untersuchten grossen Varietät zartwandig oder schwach verdickt erschien, gewöhnlich sich aber stark u-förmig verdickt, bemerken wir eine breite Ringzone von zartem Phloëm, mit Siebröhren und Geleitzellen wie bei den höchst entwickelten Strängen der *Potamogetonen*, in der Axe sodann einen grossen, lysigen durch Resorption der anfangs angelegten Ringgefässe entstandenen Xylemgang, umgeben von einer Schicht zartwandigen Holzparenchyms, welches auch hier gegen das Phloëmparenchym keine scharfe Abgrenzung gestattet. Wir treffen also hier auf dieselbe Structur des axilen Stranges wie bei *Aldrovandia* und *Ceratophyllum* unter den dicotylen Vertretern der submersen Flora und constatiren wiederum das

[1]) Vergl. Scheifers, pg. 22.

[2]) Vergl. auch Scheifers pg. 20.

[3]) Vergl. Scheifers, pg. 16, welcher indessen die Abgrenzung der 4 Phloëmgruppen übersehen hat.

Ueberwiegen des Phloëms in dem Strange, welches entschieden seine Differenzirung und damit auch seine Function bewahrt, während es zweifelhaft erscheint, ob der axile Xylemgang wirklich noch von Bedeutung für die Leitung von Wasser resp. Salzen ist.

Dicht unter dem folgenden Knoten spaltet sich das Blattleitbündel ab, indem zunächst der axile Canal sich in zwei Gänge theilt (Fig. 42b), während der Phloëm noch einheitlich erscheint.

Die ebenfalls zu den *Potameen* gehörige ***Zannichellia*** besitzt die gleiche Structur des axilen Stranges wie *Potamogeton pectinatus*. Der axile Canal entsteht durch Resorption transitorischer Spiralgefässe[1]), welche in den obersten Stengelknoten sich noch erhalten und in die Leitbündel für abgehende Blätter, Zweige und Wurzeln eine Strecke weit sich hineinziehen. Weiter abwärts aber scheinen die Gefässe auch in den Knoten resorbirt zu werden.

Das Bündel ist sehr dünn, lässt jedoch die Phloëmzone mit ihren Siebröhren deutlich erkennen (Fig. 43.)

Der axile Strang unserer Arten von ***Najas*** und ***Caulinia*** reiht sich nach der Beschreibung desselben von Magnus[2]) ohne Weiteres an *Zannichellia* an. Er wird in seiner Mitte von einem Canal durchzogen, welcher von einem Kranze relativ grosslumiger Zellen gleichmässig umgeben wird, eine eigene ihn auskleidende Membran besitzt und durch Auflösung einer Reihe von Meristemzellen unter gleichzeitiger Ausweitung durch tangentiale Theilungen der ihn umgebenden Zellen entsteht. Im Knoten unterbleibt jedoch die Resorption der Zellreihe. Offenbar sind diese Meristemzellen weiter nichts, wie die Anlage eines axilen Gefässes, dessen Querwände schon der Zerstörung verfallen, bevor die Wandverdickungen eintreten, während dagegen bei *Zannichellia* und *Potamogeton pectinatus* die Bildung derselben sich noch erhalten hat. Dementsprechend sind die den Canal direct umgebenden Zellen als Holzparenchym aufzufassen, welche mit ihm den Holztheil des concentrischen Bündels bezeichnen. Magnus gibt an und ebenso auch Frank[3]), dass, abgesehen von dem Canal, alle Elemente des Stranges langgestreckte, zartwandige Zellen seien, auf welche also der Caspary'sche Ausdruck „Leitzellen" oder der Nägeli'sche „Cambiform" angewendet werden konnte. Indessen zweifle ich nicht daran, obgleich mir *Najas* zur Untersuchung nicht zu Gebote stand, dass die zwischen der Schutzscheide und den Canalwandungszellen gelegene Zone dünnwandiger Elemente eine Phloëmzone vorstellt, zumal in der Magnus'schen Querschnittszeichnung des Stranges von *Najas major* gewisse Zellgruppen zu bemerken sind, deren Deutung als Siebröhren und Geleitzellen unzweifelhaft erscheint. Auch bei *Elodea*, *Callitriche*, *Ceratophyllum* etc. lässt sich das Vorhandensein von Siebröhren leicht constatiren, obwohl man früher auch für diese Stränge die Zusammensetzung aus Cambiform annahm.

Wir hätten demnach bei *Najas* die nämliche Structur des ausgebildeten Stranges wie bei *Ceratophyllum*, und *Najas* verhält sich zu *Zannichellia* wie *Ceratophyllum* zu *Aldrovandia*, von denen ersteres gleichfalls keine Wandverdickungen in denjenigen Zellen ausbildet, welche den Gefässen entsprechen und zu dem axilen Canal resorbirt werden. Sowohl die dicotylen, als auch die monocotylen Endglieder der Anpassungsreihe nehmen somit völlig gleichen Bau der Leitbündel an.

[1]) Vergl. Schleiden, Beitr. pg. 215.
[2]) Magnus, Najas, pg. 48 ff., Taf. IV Fig. 12 u. Taf. VII Fig. 2 u. 4.
[3]) Frank, pg. 133.

Elodea canadensis hat einen axilen Strang, welcher etwas höher wie die soeben genannten, an *Potamogeton pectinatus* sich anschliessenden, differenzirt erscheint; er stellt nicht, wie man bisher allgemein seit der ersten genaueren Untersuchung durch Caspary[1]) annahm, ein einheitliches concentrisches Bündel vor, sondern ein Bündelsystem, bestehend aus 4 innig verschmolzenen Einzelbündeln, einem centralen und 3 peripherischen. (Fig. 44.)

In der Axe tritt wie bei *Potamogeton pectinatus* ein Canal auf, welcher durch Resorption von 1 oder seltener 2 Ringgefässen zu einem mit Flüssigkeit erfüllten und sich ausweitenden Gang entsteht. Die Verdickungen dieses Gefässes sind rudimentär, gewöhnlich nur Ringstücke, zuweilen auch ganze Ringe. Am unteren Ende des Gefässes werden diese Verdickungen, welche weiter oben noch erhalten sind, aufgelöst[2]). Umgeben wird der Gang von einem Kranz zartwandiger, gestreckter Holzparenchymzellen, an welche sich nach aussen bis zur Peripherie eine breite Zone von zartwandigem Phloëm anschliesst. Siebröhren sind leicht zu erkennen. Man zählt z. B. in Fig. 44 im Ganzen 17 Siebröhren. Caspary hat sie übersehen und bezeichnet alle Zellen des Stranges, abgesehen von den Gefässen, als Leitzellen. In dem Phloëmring verlaufen an 3 Stellen, welche zwischen den 3 Blattzeilen des zum Internodium gehörigen Quirls liegen, nach aussen zu 3 kleinere Canäle, welche etwa gleich grosses Lumen wie die benachbarten Zellen besitzen und daher leicht übersehen werden können. Auch diese sind wie der axile Canal in regelmässiger Weise von einem Kranz gestreckter parenchymatischer Elemente umgeben. Besonders deutlich sah ich diese 3 Canäle in dem dicken kurzgliedrigen Stengel von Exemplaren, welche in einem ganz seichten, kaum mit Wasser bedeckten Tümpel als gedrungene Sumpfformen erwachsen waren. Auf dem Längsschnitt bemerkt man nun, dass diese 3 Canäle aus reducirten Gefässen hervorgehen, von welchen nur dicht am Knoten bei scharfem Zusehen noch äusserst feine Netz- oder Spiralverdickungen an den Membranen zu erkennen sind. Auf dem Querschnitt treten diese Canäle nicht sehr deutlich hervor, zumal in jungen Stengeln; am ehesten bemerkt man sie an der regelmässigen kranzförmigen Anordnung der sie umgebenden Zellen (Fig. 44). Es darf wohl keinem Zweifel unterliegen, dass diese 3 Gänge nebst den sie umschliessenden Zellen die Holztheile dreier mit einem centralen Bündel so innig verschmolzener Leitbündel vorstellen, dass eine scharfe Abgrenzung der letzteren nicht mehr möglich erscheint, zumal die zugehörigen Siebtheile sich zu einer einheitlichen Ringzone vereinigt haben. Das Phloëm bildet auch hier den Hauptbestandtheil des gesammten Stranges.

Die Gänge deuten also hier allein die Constituenten des Bündelsystems an, während bei den *Potamogetonen* bemerkt wurde, dass vorwiegend zunächst die sehr reducirten Holztheile sich zu vereinigen strebten, während die Siebtheile ihre Selbstständigkeit am längsten bewahrten.

Im Knoten, wo alle Elemente des Stranges zu einer schmalen Querzone verkürzt bleiben, gehen rechtwinklig die Leitbündel in die drei Blätter ab; sie enthalten an ihrer Basis ein Ringgefäss, welches in den axilen Gang einmündet. Die 3 peripherischen Gefässgänge gabeln sich im Knoten nach zwei Seiten hin und verbinden sich so mit dem Ringgefäss der Blattbündel. Von der Verbindungsstelle entspringen

---

[1]) Caspary, Hydrill. pg. 439 ff. Taf. XXVIII Fig. 59. — Vergl. auch Sanio, Bot. Ztg. 1867 pg. 186 — Strasburger pg. 187.

[2]) Vergl. auch Frank pg. 132.

die im folgenden Internodium verlaufenden peripherischen Gänge des axilen Stranges, welche also in den Medianebenen der zum unteren Internodium gehörenden Blätter sich aufwärts ziehen.

Hydrilla verticillata, die zweite bei uns vorkommende *Hydrillee*, gleicht im anatomischen Bau so sehr der *Elodea*, dass auch bei ihr die nämliche Structur des axilen Stranges sich auffinden lassen wird. Jedenfalls bedürfen die Caspary'schen[1]) Angaben neuer Prüfung.

Vallisneria spiralis steht hinsichtlich der Differenzirung seiner Leitbündel etwa auf derselben Stufe wie *Najas*, unterscheidet sich aber entsprechend dem verschiedenen morphologischen Aufbau von dieser dadurch, dass die Einzelbündel nicht verschmelzen. Aus der kurzen gestauchten Axe entspringen seitliche Ausläufer, welche an ihren Enden zu neuen Bodenlauben heranwachsen. Die Ausläufer werden von einem grösseren und drei kleineren, nach dem Centrum zu im Umkreis gelagerten, isolirten Leitbündeln durchzogen, welche in die kurze gestauchte Axe eintreten, und zwar gehen nach Falkenberg[2]) die 3 kleineren in das erste Blatt derselben, während das grössere sich in zahlreiche nach oben divergirende und sich gabelnde, von dem umgebenden Parenchym nicht sehr scharf abgegrenzte Bündel für die übrigen Blätter zertheilt. Betrachten wir das einzelne Leitbündel, dessen Elemente besonders deutlich im Ausläufer hervortreten, so constatiren wir in ihm einen collateralen Bau. Nach innen zu verläuft ein Xylemgang, welcher durch Resorption aus unverdickten Gefässanlagen entstand und in regelmässiger Weise von einem Kranz zartwandiger, ziemlich weitlumiger Holzparenchymzellen umgeben wird, an welche sich im Halbmond nach aussen ohne scharfe Abgrenzung eine zartwandige Phloëmzone anschliesst. In dieser sind auf Quer- und Längsschnitten deutliche Siebröhren zu erkennen. Nach aussen wird das Phloëm ebenfalls ohne scharfe Grenze von einer Zone langgestreckter, etwas verdickter Zellen bedeckt, welche als Ueberrest eines Bastbeleges nach Form und Lage zu deuten sein dürften. (Fig. 45.)

Hier und dort verlaufen im Leitbündel tanninführende Schläuche, wie sie auch in der Rinde massenhaft auftreten.

Bisher hielt man die Leitbündel von *Vallisneria* für einfache Cambiformstränge[3]), was aber nicht zutrifft.

Die Blattleitbündel (Fig. 20b) sind ganz analog dem Stammleitbündel gebaut.

Im Anschluss an *Vallisneria* sei als letzter monocotyler Vertreter der submersen Flora die untergetaucht schwimmende, blattlose ***Lemna trisulca*** erwähnt, welche aus Ketten flacher, 2gliedriger Sprosse besteht. Sie besitzt entsprechend ihrer ausserordentlichen Kleinheit sehr dünne Leitbündel, welche nur aus sehr wenigen engen Elementen sich zusammensetzen. Das erste Glied jedes Sprosses, der Sprossstiel, wird nur von einem einzigen medianen Leitbündelchen durchzogen, welches sich im Knoten in 3 Aeste für das flache, eiförmige, zugespitzte zweite Sprossglied spaltet. Im Knoten geht auch jederseits ein Leitbündel für die beiden Tochtersprosse ab, sowie eines für die an der Bauchseite des Sprosses entspringende, einfache Adventivwurzel. Die flachen Sprosse sind, was das Parenchym anbelangt, auf beiden Seiten ungefähr gleichartig gebaut, dagegen vermögen wir in den Leitbündelchen eine dorsiventrale Anordnung

[1]) Caspary, Hydrilleen, pg. 381 Taf. XXV Fig. 11 u. 11[1]. — Caspary, Tagebl. der Vers. Königsberg., 1860 pg. 300 ff.

[2]) Falkenberg, pg. 28.

[3]) J. Fr. Müller, pg. 42. — Falkenberg, pg. 27.

erkennen, da deren Xylemtheil nach der Rückenseite, der Phloëmtheil dagegen nach der Unterseite zu gelagert erscheint. Die Leitbündel werden von einer gänzlich unverkorkten, nicht sehr scharf ausgeprägten Schutzscheide umgeben und zeigen bezüglich der Ausbildung ihres Xylems und Phloëms die denkbar weitgehendste Vereinfachung. (Fig. 46 a u. b.) Es gelangen nur ein Gefäss und nur eine Siebröhre mit einigen wenigen, beide umgebenden Zellen zur Ausbildung. Das ursprünglich angelegte Gefäss zeigt in seinen kurzen Gliedern Ringe, Ringstücke oder auch kurze Spiralstücke, deren Ausbildung im zweiten Sprossglied sich aber nur bis etwa zur Mitte desselben zu erstrecken scheint[1]). Es wird bei der Streckung auseinandergezerrt, so dass nur in der Gegend des Knotens die Verdickungen noch nahe beisammen liegen bleiben, aber je weiter davon entfernt, desto mehr auseinander gerückt sind und wohl auch resorbirt werden. Auf Querschnitten sieht man dann nur einen engen Gang (Fig. 46, gef.), welcher in regelmässiger Weise von einem Kranz von 4—6 langgestreckten parenchymatischen Zellen umgeben wird. Letztere stossen oben und seitlich unmittelbar an die Schutzscheide und entsprechen den Zellen, welche bei den *Potamogetonen* in grösserer Zahl die Xylemgänge umschliessen, also Holzparenchym vorstellen. Zwischen diesen Holztheil und die Schutzscheide schieben sich nach unten zu einige wenige langgestreckte, zartwandige Elemente ein, unter denen auf dem Querschnitt (Fig. 46, s) deutlich eine Siebröhre mit etwa 2 Geleitzellen hervortritt, der letzte Ueberrest des Phloëms. Auf Längsschnitten ist es schwierig, Siebplatten in dieser engen Siebröhre zu erkennen, doch dürfte es, aus der charakteristischen Form des Querschnitts und aus dem Vergleich mit den Siebröhrenquerschnitten bei den übrigen Monocotylen zu schliessen, zweifellos sein, dass hier wirklich eine einzige Siebröhre vorhanden ist. Wir hätten somit bei *Lemna trisulca* eine ausserordentlich weitgehende Reduction des gesammten Leitbündelsystems, welches nicht in die Bildung eines axilen Stranges aufging, zu constatiren, nicht minder eine sehr weitgehende Vereinfachung der Leitbündelelemente, ohne dass aber die für die Landpflanzen typische Differenzirung und collaterale Anordnung hier ganz verloren gegangen wäre. Von Hegelmaier[2]) ist die Zusammensetzung der Leitbündel übersehen worden; er sagt, dass abgesehen von dem Gefässe die übrigen Zellen ein zartes Parenchym, auf welches wegen der sehr schiefen Querwände die Bezeichnung Leitzellen resp. Cambiform nicht passe, vorstellen. Die Querwände des Holz- und Phloëmparenchyms sind indessen nach meiner Beobachtung entweder grade oder nur wenig schief. Hegelmaier's Zeichnung eines Leitbündelquerschnitts in seiner Fig. 3, Tfl. VI scheint mir nicht ganz genau zu sein.

In den Stengeln einiger submerser Monocotylen haben sich in dem Rindenparenchym kleine reducirte Leitbündelchen erhalten, welche auch bei manchen auf dem Lande lebenden Monocotylen anzutreffen sind.

Ihre grösste Entwicklung erreichen sie unter ersteren bei *Potamogeton lucens*, dessen Rindenparenchym wie auch bei den übrigen *Potamogetonen* von mehreren Kreisen grosser, regelmässig angeordneter, durch einschichtige Septen getrennter Luftcanäle durchzogen wird. Dort, wo die Septen zusammenstossen

---

[1]) Vergleiche Hegelmaier, Lemn. pg. 50.

[2]) Hegelmaier, Lemnac. pg. 49.

und die Kanten der Kanäle bilden, finden sich die Rindenbündel im Parenchym eingebettet. Zwischen dem äussersten und zweitäussersten Lufthöhlenkreis zählen wir ca. 17 Rindenleitbündel in ringförmiger, regelmässiger Vertheilung, welche noch vollständig differenzirt sind, nach innen einen grösseren oder kleineren Holztheil mit lysigenem Gang, welcher die Reste von Gefässen hie und da im Internodium noch enthält und im Knoten durch Gefässe ersetzt wird, nach aussen einen zarten Phloëmtheil mit deutlichen Siebröhren besitzen und seitlich und aussen von einer Bastscheide abgeschlossen erscheinen. (Fig. 47a u. b.) Dahingegen sind die Bündel, welche in den Kanten der weiter einwärts gelegenen Luftgänge, zu ca. 20 an Zahl, verlaufen, zum grössten Theil Bastfaserbündel (Fig. 47d), zum geringeren Theil Bastbündel, welche innen noch eine kleine zartwandige, Siebröhren führende Phloëmgruppe enthalten (Fig. 47c). Wir haben also hier alle Uebergänge von typischen, wenn auch kleinen Leitbündelchen zu unvollständigen und schliesslich zu reinen Bastgruppen ohne jegliche leitende Elemente. Es liegt nahe, alle diese Bündel für homolog zu halten.

Im Knoten constatiren wir, dass die Rindenbündel untereinander und mit den Bündeln des axilen Stranges durch Anastomosen verbunden sind und neue Rindenbündel in das folgende Internodium entsenden.

Bei *Potamogeton nitens* sind insofern die Rindenleitbündel schon weiter reducirt, als sich keine vollständigen, mit Xylem versehenen mehr unter ihnen befinden. Sie treten auf in den Kanten der Septen zwischen den beiden äussersten Lufthöhlenkreisen, ca. 18 an Zahl, davon die Hälfte reine Bastbündel (Fig. 48c), die anderen mit zartwandigen Phloëmelementen im Innern der Bastgruppen (Fig. 48a); zum Theil sind in letzteren nur etwa 2 zartwandige Elemente, eine Siebröhre nebst Geleitzelle höchstwahrscheinlich, zu erkennen (Fig. 48b).

Potamogeton pectinatus zeigt in einer grossblättrigen Varietät in der Rinde ca. 5—7 ziemlich grosse zartwandige Phloëmbündel (Fig. 49a), in der gewöhnlichen viel kleineren Form nur 2—3 solcher, welche von starken Bastscheiden umgeben sind (Fig. 49b). *Potamogeton acutifolius* besitzt ca. 27 subepidermale Bastrippen, von denen hin und wieder eine grössere noch zartwandige Elemente umschliesst. (Fig. 51).

Dagegen treffen wir bei *Potamogeton perfoliatus* und *pusillus* ausschliesslich kleine Bastrippen an, bei ersterer Art, welche sich durch sehr dicke Stengel auszeichnet, ca. 28 unter der subepidermalen Schicht und einige wenige zerstreut im inneren Parenchym (Fig. 50), bei letzterer Art ca. 12 kleine subepidermale Bündelchen; und endlich zeichnen sich *Potamogeton crispus*, *densus*, sowie *Zannichellia* durch gänzlichen Mangel irgend welcher Rindenbündel aus.

Die Inconstanz in der Ausbildung und in dem Auftreten von Rindenbündeln innerhalb ein und derselben Gattung scheint dafür zu sprechen, dass dieselben hier in der Reduction begriffen sind, welche bei einigen Arten schon zu völligem Schwund geführt hat, so dass in diesen Fällen die Leitbündel allein auf den axilen Strang beschränkt sind.

Unter den übrigen submersen Monocotylen zeichnet sich *Elodea canadensis* durch den Besitz von Rindenbündeln[1]) aus. Sie treten auf in Form von 6 wenigzelligen, zartwandigen, isolirten Gruppen, welche dicht unter der subepidermalen Schicht in regelmässiger Vertheilung, mit den 6 Blattzeilen alternirend

[1]) Caspary, Hydrill., hat sie übersehen. Zuerst erwähnt bei Sanio, Bot. Ztg. 1865, pg. 192.

verlaufen und im Knoten Queranastomosen zu den austretenden Blattleitbündeln entsenden. Sie werden, nach der Form des Querschnitts (Fig. 52) zu urtheilen, von einer Siebröhre nebst 2 Geleitzellen gebildet, die von einer Lage langgestreckter englumiger Parenchymzellen umgeben sind. Die Fig. 52 stellt den Querschnitt eines solchen Bündels dar aus einem Stengel, dessen Parenchym ziemlich derbwandig ausgebildet ist. Nur die Siebröhre und die Geleitzellen sind zartwandig geblieben.

Wahrscheinlich sind solche Bündel auch bei *Hydrilla* vorhanden. Sie finden sich ferner bei *Halophila Baillonii*[1]), *Elodea densa*[2]), *Cymodocea*[3]), *Zostera*[4]) etc.

2. Rindenparenchym, Schutzscheide, Epidermis.

Die Leitbündel des Stammes werden von dem Rindenparenchym umgeben, welches im Verhältniss zu ersterem stets sehr mächtig entwickelt ist und die Hauptmasse des Stammes abgibt. Das Parenchym besteht aus mehr oder weniger gestreckten, im Querschnitt gewöhnlich abgerundeten Zellen (vergl. Fig. 60a und c, Fig. 62b und c, Fig. 61b), welche in der Regel sich durch ihre Zartwandigkeit im Gegensatz zu dem derbwandigen Parenchym vieler Luftpflanzen auszeichnen. Nur in einigen Fällen tritt eine schwach collenchymatische Verdickung in älteren Stengeln ein (*Ceratophyllum*, *Myriophyllum*). Das Parenchym dient der Leitung und Aufspeicherung der assimilirten Kohlehydrate und oft findet man seine Zellen dicht mit grosskörniger Stärke vollgepfropft. In den äusseren Schichten, sowie auch in der Epidermis (wie an den Blättern) ergrünen die Chromatophoren und betheiligen sich am Assimilationsprozess.

Als Hauptunterschied von dem Parenchym der Landpflanzen verdient die bedeutende Entwicklung des Durchlüftungssystems erwähnt zu werden, welche übrigens in gleicher Weise auch bei den Sumpf- und Schwimmpflanzen, also überhaupt bei allen wasserliebenden Gewächsen wiederkehrt und als eine Folge der Einwirkung des Mediums aufzufassen ist, wenn auch die biologische Erklärung mit Sicherheit noch nicht gefunden ist. Am nächsten liegt die Annahme, dass die am, auf und in dem Wasser lebenden Pflanzen ihre grossen Lufträume in erhöhtem Maasse zu dem Gasaustausch der Zellen, zur Athmung benöthigen. Ausserdem mag für die submersen und schwimmenden Gewächse noch als Zweck die Bewirkung der Schwimmfähigkeit in Betracht kommen.

Gerathen submerse Gewächse an's Ufer und bilden sie Landformen, so wird die gleiche Anordnung des Parenchyms beibehalten, indessen verringert sich die Grösse der Lufträume; das Parenchym wird dichter und derbwandiger. Derselbe Unterschied macht sich geltend, wenn typische Sumpfgewächse[5]) an trockenen Standorten gedeihen, und umgekehrt findet bei Cultur von typischen Landpflanzen[6]) unter Wasser je nach der Plasticität des Versuchsobjectes eine Auflockerung des Rindenparenchyms statt.

[1]) Holm, pg. 11, Tfl. I Fig. 9.
[2]) Holm, pg. 20, Tfl. IV Fig. 49 u. 51.
[3]) Duchartre, pg. 297. — Bornet, pg. 39 ff.
[4]) Falkenberg, pg. 24.
[5]) Vergl. Costantin, Ann. sc. nat. 1884, pg. 294 ff., Taf. 14—17.
[6]) Lewakoffski, Jahresbericht 1873, pg. 594. — Schenck, Ber. Bot. Ges. 1884, pg. 483, Tfl. 14 Fig. 3 u. 4.

Im Allgemeinen gliedert sich das Parenchym in folgende Zonen: Unter der Epidermis, welche als äusserste Rindenschicht aufgefasst werden kann, folgt zunächst die äussere Rindenzone, charakterisirt durch dichtes Aneinanderschliessen der Zellen aneinander und an die Epidermis; sodann die Lufthöhlenschicht, welche grössere oder kleinere mit Luft erfüllte Canäle führt und meist das Parenchym in Form einschichtiger, dünner Septen auflöst; weiter einwärts die innere Rindenzone, welche wieder aus wenigen dicht zusammenschliessenden Lagen besteht, und endlich als Abgrenzung gegen die axilen Stränge die Schutzscheide.

In den Knoten verkürzen sich die Zellen zu einer schmalen Querzone rundlicher Zellen mit engen Intercellularen, welche die Communication der die Internodien der Länge nach durchziehenden Luftgänge vermitteln. Ueberhaupt muss betont werden, dass das Durchlüftungssystem der ganzen Pflanze ein einheitliches ist. In den Internodien entwickeln sich nur bei vereinzelten Vertretern auch dünne, einschichtige, aus Sternzellen bestehende, also durchbrochene Querdiaphragmen zur Festigung der Gänge.

Die Luftgänge entstehen entweder schizogen, durch Spaltung der Parenchymlagen oder lysigen durch Zerstörung bestimmter Parthien. Sie zeigen bezüglich ihrer Form und ihrer Vertheilung mannigfache Verschiedenheiten, welche sich unter die folgenden Haupttypen bringen lassen.[1])

a) Schizogene Lufträume.

1. Typus. Die äussere Rindenzone, aus dicht zusammenschliessenden Zellen bestehend, ist sehr entwickelt, mehrere Lagen stark und überwiegt im Durchmesser die Lufthöhlenschicht, welche nur einen Ring von verhältnissmässig engen Luftcanälen umschliesst. Die innere Rinde ist einschichtig. Dies Verhalten treffen wir bei *Ceratophyllum* an (Fig. 53), dessen Stamm somit nur eine geringe Entwicklung des Durchlüftungssystems verräth.

2. Typus. Gradatim geht dieser Typus über in den zweiten, welcher sich durch Ueberwiegen der Lufthöhlenzone in Folge grösserer Entwicklung der ebenfalls in Form eines Ringes regelmässig angeordneten und durch radial gestellte einschichtige Parenchymsepten getrennten Luftgänge auszeichnet. Am schärfsten ist diese Form ausgeprägt bei *Elatine Alsinastrum* (Fig. 54), deren äussere und innere geschlossene Rindenzone in zarteren Stengeln nur eine Zellschicht stark ist, dazwischen ca. 11 radial gestellte, im Querschnitt dreieckige Luftcanäle mit dünnen, radial gestreckten Parenchymsepten.

Mit Variationen, welche sich auf das Verhältniss der 3 Rindenzonen zu einander, auf die Zahl der Luftcanäle, beziehen, verhalten sich in derselben Weise *Utricularia minor* und *vulgaris*, *Bulliarda aquatica*[2]), *Myriophyllum*[3]), *Najas major*[4]), *minor*[5]) und *flexilis*.

[1]) Bezüglich Form und Vertheilung der Lufthöhlen vieler Wassergewächse wolle man die Tavole per una Anat. delle piante aquatiche von Parlatore betrachten. Leider bringen die vielen Figuren, welche zum Theil sehr ungenau sind, keine anderen Structureigenthümlichkeiten zur Anschauung.

[2]) Caspary, Bulliard. Tfl. VII Fig. 28.

[3]) Vöchting, Tfl. IV Fig. 1.

[4]) Magnus, Najas, Tfl. VII Fig. 2.

[5]) Magnus, Najas, Tfl. VII Fig. 4.

3. Typus. Wenn zu dem einfachen Lufthöhlenkreis noch ein zweiter und dritter hinzutritt, so erhalten wir Uebergänge zu dem dritten Typus, welcher am ausgeprägtesten bei *Potamogeton perfoliatus* anzutreffen ist. Bei *Elodea canadensis* ist unter der 2schichtigen Aussenrinde ein Kreis grösserer Luftgänge vorhanden, an den sich nach innen noch ein zweiter Kreis viel kleinerer Gänge bis zu der etwa 2schichtigen Innenrinde anlegt; dasselbe findet statt bei *Hydrilla*[1]), während bei *Aldrovandia vesiculosa* (Fig. 55) die kleineren Luftgänge zwischen der einschichtigen Aussenrinde und dem grösseren Lufthöhlenkreis sich einschieben. Auch die Ausläufer von *Vallisneria spiralis* gehören mit ihrem äusseren grösseren Lufthöhlenkreis und kleineren einwärts gelegenen hierher, wenn auch die Vertheilung keine so regelmässige ist.

Bei obengenannter Art von *Potamogeton* ist der dritte Typus am schönsten entwickelt. Unter der einschichtigen Aussenrinde folgen bis zu der Innenrinde etwa 4—5 Kreise von grossen, ziemlich regelmässig angeordneten Luftgängen, welche alle durch einschichtige Septen getrennt werden, derart, dass letztere auf dem Querschnitt ein zierliches Netzwerk bilden. Im Wesentlichen ebenso verhalten sich auch die übrigen Arten von *Potamogeton*, jedoch variirt die Zahl der Gänge und der Kreise, in denen sie stehen, nach der Dicke des Stengels. In einigen Fällen ist die äussere Rindenzone gar nicht entwickelt, wodurch die äusseren Luftgänge bis an die Epidermis reichen, so bei *Potamogeton densus* (Fig. 56). Bei den dünnstengeligen Arten *P. pectinatus* und *pusillus*, sowie bei *Zannichellia* hat sich ein Kreis von grossen Luftgängen erhalten, an den sich nach innen, also wie bei *Elodea*, einige kleinere noch anlegen.

Genau dieselbe Vertheilung und Form der Luftgänge wie bei *Potamogeton perfoliatus* kehrt auch bei *Hippuris vulgaris* wieder. Die Aussenrinde ist 1—2schichtig, die Innenrinde 2schichtig, dazwischen ca. 5 vielzählige Kreise regelmässig begrenzter Luftgänge, von denen der innerste am kleinsten ist. *Hottonia palustris*[2]) gehört gleichfalls hierher, indessen zeichnen sich die Lufträume durch unregelmässige Begrenzung und verschiedene Grösse ohne bestimmte Anordnung aus; auch sind die Septen sehr dünn und zart.

Im Allgemeinen herrscht bei allen diesen Luftgängen das Princip, die Septen vorwiegend radial zu stellen, eine Anordnung, welche am besten geeignet ist, das Parenchym gegen radial wirkende Druckkräfte zu festigen. Da diese Festigung nach allen Richtungen bei einem cylindrischen Organ vorgenommen werden muss, so begreift sich daraus die oft so überraschende Regelmässigkeit in dem Aufbau des Parenchyms, die zierliche Radfigur des Querschnitts vieler submerser Stämme.

b) Lysigene Lufträume.

1. Typus. Den Uebergang von der ersten Gruppe zu der zweiten bilden die *Eucallitrichen*[3]), welche sich in jungen Stengeln durch eine sehr regelmässige Anordnung der Parenchymzellen auszeichnen. Von der Schutzscheide bis zur Epidermis sind die Zellen besonders regelmässig nach innen zu in 4—9 concentrische Schichten und gleichzeitig in 12—27 radiale Reihen angeordnet, so dass die äusseren Zellen etwas weiteres Lumen als die inneren erreichen. Auf dem Querschnitt erscheinen die Zellen abgerundet und lassen

[1]) Caspary, Hydrill., pg. XXV Fig. 11.
[2]) Kamienski, Primulac., Tfl. IX Fig. 13.
[3]) Hegelmaier, Callitriche, Tfl. I Fig. 1, 10, 11.

Intercellulargänge zwischen sich offen. Diese regelmässige Anordnung erhält sich gewöhnlich in den Landformen (Fig. 57a), wohingegen in den Stengeln der Wasserformen eine mehr oder minder starke Zerstörung der radialen Reihen in Folge von Dehnung, und zwar nach 2 gegenüberliegenden Seiten, in der Medianebene des zum Internodium gehörigen Blattpaares, stattfindet, derart, dass jederseits ein grösserer Luftgang entsteht, in welchem aber die Reste der zerstörten Zellen sich erhalten. (Fig. 57b.)

Bei *Pseudocallitriche*, wozu *C. autumnalis* gehört, tritt die Zellenzerreissung und Höhlenbildung nur selten ein; es weiten sich gewöhnlich die äusseren Intercellulargänge etwas aus[1]).

2. Typus. Die Internodien des Stengels von *Peplis Portula* werden unter dem etwa 2schichtigen äusseren Rindenparenchym durchzogen von 4 grossen, über's Kreuz gestellten Luftgängen, welche seitlich durch radiale Parenchymsepten geschieden werden (Fig. 58). Von diesen letzteren sind die beiden in der Mediane des zum Internodium gehörigen Blattpaares nur 2schichtig, während die senkrecht darauf stehenden etwa 4 Lagen mächtig sind. Die 4 Parenchymsepten stossen in der Axe zusammen und bilden um die Schutzscheide des axilen Cylinders eine 2schichtige innere Rindenzone. Die Luftgänge entstehen lysigen. Reste der zerstörten Zellen sieht man noch hie und da den Wandungen anhaften.

Die Parenchymzellen erscheinen auf dem Querschnitt rundlich und lassen kleine Intercellulargänge zwischen sich, welche in der Wasserform stärker entwickelt sind als in der Landform[2]).

3. Typus. Die submersen Arten von *Ranunculus* stehen unter den submersen Gewächsen bezüglich der Lufthöhlenbildung ebenso vereinzelt wie auch in Bezug auf ihre Leitbündel, welche isolirt im Parenchym verlaufen, das durch kleine Intercellulargänge aufgelockert erscheint. Die Stengel sind in jungen Stadien noch solide; werden sie älter, so entsteht in der Mitte ein grosser axiler Luftgang durch Zerstörung des Grundgewebes, dessen Reste an der Gangwandung zum Theil noch zu bemerken sind (Fig. 59). Die Lufthöhlenbildung unterbleibt in den kurzgliedrigen Stengeln der Landformen, sie beginnt höchstens an älteren Exemplaren, ohne jedoch grosse Dimensionen zu erlangen.

Hiermit wäre die Mannigfaltigkeit der Vertheilung und Form der Luftgänge im Wesentlichen erschöpft.

Die innerste Lage der Rinde bildet um die axilen Stränge einen geschlossenen Mantel, die sog. Schutzscheide. Nach Russow und Rothert[3]) besteht die typische Schutzscheide so wie sie in den Rhizomen und Wurzeln der Landpflanzen gewöhnlich ausgebildet ist, aus ringsum verkorkten Zellen, wobei zu bemerken ist, dass die Radialwände ganz oder theilweise stärker verkorkt erscheinen, indem hier auch die Mittellamelle von der Verkorkung ergriffen wird. Häufig wird die Wandung durch innen angelagerte Schichten unverkorkter Cellulose verdickt.

Die physiologische Bedeutung der Schutzscheide hat bis jetzt noch keine für alle Fälle befriedigende Erklärung gefunden. Schwendener[4]) schreibt den verkorkten Wänden wesentlich eine mechanische Function zu, indem er darauf hinweist, dass die verkorkte Membran weniger ausdehnungsfähig ist und

[1]) Siehe Hegelmaier, Call., pg. 25, Tfl. I Fig. 13.
[2]) Siehe Costantin, Ann. sc. nat. 1884, Tfl. 14 Fig. 1 u. 2.
[3]) Rothert, pg. 37—38.
[4]) Schwendener, Schutzscheide, pg. 43.

grössere absolute Festigkeit besitzt als reine Cellulosemembran und in Folge dieser Eigenschaft einer gesteigerten Rindenspannung entgegenwirken könne.

Andere halten es für wahrscheinlich, dass die Verkorkung den Zweck habe, die Diffusion von Flüssigkeiten oder gelösten Stoffen zwischen Leitbündel und Rinde zu verhindern oder doch herabzusetzen. Rothert erklärt sich die stärkere Verkorkung der Radialstreifen mit folgender Behauptung: „Die Zweckmässigkeit einer solchen Einrichtung ist einleuchtend; wäre die mittlere Lamelle nicht verkorkt, so könnte die Diffusion durch dieselbe zwischen den Schutzscheidezellen hindurch vor sich gehen; durch die Verkorkung des Streifens dieser Lamelle wird auch dieser Weg abgeschnitten.“ Aber wissen wir denn, dass die Diffusion jemals diesen absonderlichen Weg zu nehmen beliebt? Welche Sätte ferner sind es, die aus den Leitbündeln oder aus der Rinde nicht herausdiffundiren sollen? Hat das Protoplasma auf die Diffusionsvorgänge gar keinen regelnden Einfluss?

Gegen beide Erklärungsversuche lassen sich mancherlei Einwände erheben, wenn auch die Wahrscheinlichkeit zugegeben werden muss, einerseits dass zumal die stark verdickten Schutzscheiden mechanische Bedeutung haben können, anderseits dass die Verkorkung der Membran die Diffusion herabzusetzen im Stande ist.

Ganz abgesehen von der Function der Schutzscheide, constatiren wir, dass in den Stengeln der Wassergewächse eine Reduction derselben eintritt.

Bei den meisten Vertretern ist die Schutzscheide allerdings noch in ihrer typischen Form differenzirt und hinterlässt bei Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure ein ringsum geschlossenes Häutchen, welches an den Tangentialwänden zart ist, an den Radialwänden dagegen entweder in deren ganzer Ausdehnung oder nur in Form eines Streifens stärker verkorkt erscheint. Das erstere Verhalten zeigen die Arten der Gattung *Potamogeton* (Fig. 68), deren Schutzscheidenzellen ausserdem durch Celluloseschichten stark verdickt sein können. Bei *P. perfoliatus*, *nitens*, *crispus*, *acutifolius*, *pusillus* tritt allseitig gleiche Verdickung ein, bei *P. lucens* und *pectinatus* u-förmige. *P. densus* hat dünnwandige Schutzscheidenzellen, deren nachträgliche Verdickung nur eine sehr schwache blieb. *Peplis Portula* (Fig. 66) und die Arten von *Callitriche* besitzen dieselbe Form der Schutzscheide wie *P. densus*. Dagegen sind bei *Hippuris* (Fig. 67), *Myriophyllum* (Fig. 60e, f, g), *Elatine Alsinastrum* die Radialwände nur in Form eines dünnen Streifens, der auf Querschnitten als dunkler Punkt erscheint, stärker verkorkt; von den Tangentialwänden bleibt bei Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure nur ein sehr zartes Häutchen zurück.

Bei anderen, ebenfalls dünnwandigen Schutzscheiden erstreckt sich die Verkorkung nur auf diese schmalen Streifen in den Radialwänden; so verhalten sich *Utricularia*, *Hottonia*, *Elodea*, *Najas*, *Zannichellia*. Hieran schliessen sich endlich die Fälle, in denen gar keine Verkorkung mehr eintritt, mithin die Schutzscheide nur der Lage und Form nach charakterisirt ist, so bei *Ceratophyllum*, *Aldrovandia*, *Lemna trisulca*, deren Schutzscheidenwandungen sich in Schwefelsäure vollständig auflösen.

Aus dem Vorkommen vollkommen unverkorkter Schutzscheiden bei submersen Gewächsen könnte man den Schluss ziehen, dass die Function derselben überhaupt bei diesen Pflanzen nicht mehr voll in Kraft tritt und dass auch die verkorkten Schutzscheiden von *Myriophyllum* und anderen typischen untergetauchten Gewächsen Bildungen vorstellen, die in der Reduction begriffen sind. Da aber die Function der Schutzscheiden noch nicht mit Sicherheit erkannt ist, so muss diese Frage als eine offene angesehen werden.

Das Hautgewebe ist an den Stengeln der submersen Gewächse in Folge der besonderen Lebensbedingungen wenig von dem darunter lagernden Parenchym verschieden differenzirt. Es besteht in der Regel aus etwas kleinzelligeren Elementen, die, von der Fläche betrachtet, sich als kürzere oder längere Rechtecke oder Polygone darstellen. (Fig. 60a u. b, Fig. 61a, Fig. 62a, Fig. 63, 64, 65.) Sie wiederholen im Allgemeinen die Eigenthümlichkeiten, welche sie auch an den Blättern besitzen, enthalten also meist Chlorophyll, bilden keine Spaltöffnungen aus und erzeugen nur eine dünne Cuticula an der Aussenwandung. Die im Wasser lebenden Gewächse bedürfen weit weniger der Schutzeinrichtungen, die wir an dem Hautgewebe des Stengels von Luftpflanzen auftreten sehen.

An den Landformen dagegen differenzirt sich eine typische, chlorophyllfreie, spaltöffnungsführende Epidermis wie an den Blättern so auch am Stengel. Haarbildungen treffen wir vereinzelt an, so bei *Hottonia*, *Callitriche*, *Utricularia*. Die Function der Köpfchenhaare derselben ist unbekannt. Unter normalen Verhältnissen erzeugen die Stengel der submersen Gewächse keinen Kork. Dagegen können bei Verletzungen die Wunden durch sog. Wundkork verschlossen werden, wie ich dies bei *Myriophyllum spicatum* beobachtet habe. Es treten in den Parenchymzellen unterhalb der verletzten Stelle tangentiale und radiale Zellwände auf und es bildet sich auf diese Weise eine geschlossene Korkschicht.

3. Mechanisches System.

Es wurde schon oben darauf hingewiesen, dass die submersen Gewächse, in erster Linie diejenigen, welche langgestreckte Internodien entwickeln, in einem Medium leben, welches keine Ansprüche auf grosse Biegungsfestigkeit an die Stengel stellt, im Gegentheil gerade eine bedeutende Biegsamkeit und Schlaffheit der Organe erfordert. Somit fallen in den Stengeln der genannten Gewächse auch alle Einrichtungen hinweg, welche bei den Landpflanzen bestimmt sind, Biegungsfestigkeit zu bewirken. Die Leitbündel rücken nach der Axe zusammen und bilden durch Verschmelzung axile Stränge, ein besonderes mechanisches System wird nicht ausgebildet, denn es genügt zur Erreichung der nöthigen Zugfestigkeit der Zusammenhalt der Parenchymzellen und die Lagerung der langgestreckten Elemente in die Axe, wie bei den Wurzeln, und in minder ausgeprägter Form in den Rhizomen.

Das Parenchym ist in der Regel zartwandig und ebenso die Elemente des axilen Bündels. Hier und da tritt besonders in alten Stengeln höchstens eine schwach collenchymatische Verdickung der Membranen ein (*Ceratophyllum*, *Myriophyllum*).

Die einzigen Ausnahmen in Bezug auf gänzliche Unterdrückung des mechanischen Systems bilden gewisse *Potamogetonen*. Bei denselben haben sich unter der Epidermis oder in der Rinde und zwar in den Kanten der Lufthöhlensepten isolirte Bastbündel erhalten, welche zum Theil kleine Rindenleitbündel, in einem Falle, bei *Pot. lucens*, sogar noch vollständige mit Xylem und Phloëm versehene, bei den andern nur zartwandige kleine Phloëmgruppen umschliessen. Das Nähere darüber wurde schon oben mitgetheilt und hervorgehoben, dass alle diese Rindenbündel, auch die aus lauter Bastfasern bestehenden, wohl aus kleinen Leitbündelchen mit mechanischen Scheiden durch allmähliche Reduction der leitenden Elemente entstanden sein könnten und dass bei einigen Arten wie *Pot. densus* und *crispus* eine völlige Unterdrückung

der Bündel schon stattgefunden habe. Wenn auch diesen Bündeln bei den dickstengeligen Arten, namentlich wenn sie in fliessendem Wasser gedeihen, eine gewisse Bedeutung nicht abgesprochen werden kann, so scheint dieselbe doch nicht allzu bedeutend zu sein, weil andere mit diesen Arten gesellig auftretende fluthende Gewächse der Fasern entbehren und ihre Zugfestigkeit wesentlich durch den Zusammenhang der Zellen erlangen.

Ebenso verhält es sich mit den starken Bastfasern, welche in den complicirter gebauten axilen Strängen gewisser *Potamogetonen* auftreten, sowie mit den Verdickungen der Schutzscheide. Bei *Zannichellia* treffen wir keine Spur von dickwandigen Elementen mehr an.

Inwieweit es berechtigt ist, das Auftreten oder den Mangel der Bastfasern bei den einzelnen *Potamogeton*-Arten als Anpassungen an die speciellen Lebensbedingungen aufzufassen, also anzunehmen, dass gewisse dickstengelige Formen Bastfasern entwickeln, weil sie in stark fluthendem Wasser vegetiren, Arten aus ruhigem Wasser dagegen solcher entbehren, weil sie ihrer nicht mehr bedürfen, muss durch umfassende Vergleichungen noch genauer untersucht werden. Dass die speciellen Lebensbedingungen nicht unbedingt entscheidend sind, lehrt die Thatsache, dass häufig Arten mit Bastbündeln und andere ohne solche an ein und demselben Standort durcheinander wachsen.

Indessen geht aus den Angaben Schwendener's[1]) schon hervor, dass solche specielle Anpassungen bei manchen formenreichen Arten wohl zu constatiren sind. So hat z. B. *Pot. fluitans* ein ziemlich entwickeltes System von Rindenbündeln, während die Varietät *β stagnatilis* Koch, welche in stehendem Wasser wächst, derselben vollständig entbehrt.

Die Reduction des mechanischen Gewebesystems vermag man auch an typischen Landpflanzen, wofern sie die nöthige Plasticität besitzen, bei zufällig submerser Lebensweise zu erkennen. So verschwindet bei *Cardamine pratensis* im Wasserstengel der dicke mechanische Ring, welcher im Landstengel die Leitbündel seitlich verbindet, ebenso wie auch der Bastbeleg des Phloëms[2]).

4. Secret- und Excretbehälter.

Weitaus die meisten submersen Gewächse entbehren der Excret- und Secretbehälter vollständig, so dass es den Anschein hat, als ob der Stoffwechsel ohne Bildung von bleibenden Abscheidungsproducten glatt aufginge. Oxalsaurer Kalk allein scheint weitere Verbreitung bei ihnen zu besitzen. Er wird sogar bei *Myriophyllum*[3]) (Fig. 60h u. i) in besonderen Drüsenzellen, die den Parenchymsepten der Luftgänge anhaften, abgelagert. Bei *Peplis* treten solche Drüsen im Rindenparenchym und Mark auf. Gerbstoffführende Schläuche finden sich in ziemlich bedeutender Menge in den Stengeln und Blättern von *Ceratophyllum*[4]),

[1]) Schwendener, Mechan. Princip, pg. 121 u. 122.
[2]) Schenck, Ber. d. Bot. Ges. 1884, pg. 483, Tfl. XIV Fig. 3 u. 4.
[3]) Vergl. Vöchting pg. 14.
[4]) De Klercker pg. 4, Tfl. I Fig. 1.

sowie bei *Vallisneria*, hier sogar auch in den Leitbündeln (Fig. 45). Raphidenschläuche kommen nur der *Lemna trisulca*[1]) zu.

Dagegen mangeln überall Milchröhren oder Gänge, Drüsen, die mit Harz oder ätherischen Oelen sich erfüllen. Das Fehlen dieser Bildungen scheint mit ihrer biologischen Bedeutung, welche allerdings noch unbekannt ist, zusammenzuhängen.

[1]) Hegelmaier, Lemnac. pg. 50.

3. Abschnitt.

Die Wurzelstructur der submersen Gewächse.

Das Wurzelsystem erlangt an den submersen Pflanzen keine bedeutende Entwicklung, am reichlichsten noch bei solchen, welche eine mehr amphibische Lebensweise führen, wohingegen bei ausschliesslich submersen, welche nicht mehr im Stande sind, Landformen zu bilden, die Wurzeln sogar völlig unterdrückt werden können, so bei *Utricularia*, *Aldrovandia*, *Ceratophyllum*.

Frühzeitig stirbt die Hauptwurzel ab und es beginnt an den unteren Internodien die Bildung von dünnen Adventivwurzeln, welche in den Schlamm oder Sandboden sich einsenken. Verzweigung dieser Adventivwurzeln in zarte Seitenwürzelchen tritt bei den mehr amphibischen Wassergewächsen ein und auch dort nur vereinzelt, so bei *Peplis*, *Myriophyllum*, *Batrachium* etc.; die Adventivwurzeln der monocotylen Wasserpflanzen sind meist einfach.

Alle diese Adventivwurzeln haben keine sehr lange Dauer, denn in gleichem Masse wie sich das Laub durch Weiterwachsen an den Zweigenden und bei allmählichem Absterben von unten erneuert, sprossen auch aufwärts von den unteren Knoten an neue Adventivwurzeln hervor, welche die alten ersetzen. Diese Erscheinung ist besonders bei den *Callitrichen* ausgeprägt.

Da in mehreren Fällen die Wurzeln völlig unterdrückt sind, die Hauptwurzel höchstens am Embryo noch schwach angedeutet erscheint (*Ceratophyllum*), oder auch an demselben gänzlich fehlt (*Utricularia*), so ist schon aus dieser Thatsache der Schluss gerechtfertigt, dass die Wurzeln überhaupt bei den submersen Gewächsen von keiner grossen Bedeutung für die Aufnahme von Wasser und Nährsalzen und die Zuleitung derselben zu dem assimilirenden Gewebe sein können. Es lässt sich dies ferner daraus schliessen, dass die Blattleitbündel der submersen Pflanzen in den Blattspreiten nur eine sehr geringe Entwicklung erfahren, in der Mehrzahl der Fälle nur in Form eines einzigen medianen Bündels vorhanden sind, dessen Elemente ausserordentlich englumig sind und nur sehr wenige Gefässe (in vielen Fällen nur 1 oder 2) führen. Es ist kaum denkbar, dass diese wenigen Gefässe resp. Gefässgänge das ganze assimilirende Gewebe versorgen. Man vergleiche beispielsweise das Verhältniss von Blattspreite zu dem medianen Bündel bei *Elodea canadensis* (Fig. 13). Ausserdem fällt unter Wasser die Transpiration hinweg, so dass aus allen diesen Gründen schon gefolgert werden kann, dass die Aufnahme der Salze wie auch der Kohlensäure für das assimilirende Gewebe und des Wassers direct aus dem Medium durch die Epidermis der Blätter resp. Stengel geschieht.

Anderseits erscheint es aber auch nicht angängig, die Gefässe oder Gefässgänge in den Wurzeln und Stengeln ausschliesslich submerser Gewächse wie *Elodea*, *Potamogeton pectinatus* etc., *Zannichellia* etc. für völlig zwecklose ererbte Bildungen zu erklären. Möglich, dass sie von Bedeutung sind für die Zuleitung von Bodensalzen zu den wachsenden Regionen und zu den Blüthen.

Auch die Wurzelhaare erleiden eine Reduction und werden in manchen Fällen überhaupt nicht ausgebildet, so bei *Hippuris*, *Myriophyllum*, *Vallisneria*, *Elodea*, *Hydrilla*, *Lemna trisulca*[1]).

Das Rindenparenchym der Wurzeln behält seine gleiche Anordnung wie auch in den Wurzeln der Landpflanzen bei. Es zeichnet sich ebenso wie auch die Epidermis aus durch Zartwandigkeit. Letztere ist aber stets aussen cuticularisirt und häufig erscheint auch noch die nächstinnere Schicht zum Theil mit cutinisirten Wandungen. Das Parenchym ist mehr oder minder regelmässig in concentrische Schichten und radiale Reihen angeordnet und zeigt wie auch im Stengel das Bestreben, Intercellularräume zu entwickeln. In den einfachsten Fällen ist das Parenchym ziemlich geschlossen und erzeugt die luftführenden Intercellularräume nur in den Kanten, in denen seine Zellen zusammenstossen, wobei nach der Peripherie zu die Räume etwas grösser sind, als in unmittelbarer Umgebung der Schutzscheide (*Vallisneria*, Fig. 83a); oder die Intercellularräume können sich erweitern und kleinere Gänge bilden (*Hippuris*). Häufig weichen die radialen Reihen in der äusseren Parthie der Rinde seitlich auseinander, so dass es zur Bildung eines Ringes von grösseren Luftgängen kommt (*Potamogeton crispus*, *densus*, *pectinatus*). Bei einigen Arten werden diese Radialsepten zum Theil durch radiale Streckung zerstört, klappen zusammen und geben so Veranlassung zur Entstehung grosser Lacunen, in denen ihre Reste noch zu erkennen sind (*Myriophyllum*, *Callitriche vernalis*, *Ranunculus aquatilis*, *fluitans*), eine Erscheinung, welche wir auch in den Stengeln von *Callitriche* auftreten sahen.

In der Wurzel von *Elatine Alsinastrum* ist die Bildung der Lufthöhlen eine ganz eigenartige und isolirt dastehende. Um den axilen Strang liegen mehrere Schichten von längsgestreckten Parenchymzellen, welche im Querschnitt rundlich erscheinen und untereinander durch Ausbuchtungen in Verbindung stehen. Zwischen der Epidermis und der inneren Rinde schiebt sich eine ringförmige Lufthöhle ein, welche von radial gestellten, aus 1 oder wenigen gestreckten Zellen bestehende Zellfäden, die innen an entsprechende Ausbuchtungen der Zellen der inneren Rinde sich anfügen, durchsetzt wird. Diese Bildung kommt dadurch zu Stande, dass bei der Streckung der Wurzel die äusseren Parenchymzellreihen die Längsstreckung nicht mit ausführen, sondern sich zur Bildung des Lufthöhlenringes nur in radialer Richtung ausdehnen, so dass die Radialsepten nicht geschlossen bleiben, sondern wie die Sprossen einer Leiter aus übereinander liegenden getrennten Zellfäden sich aufbauen.

Da die meisten Wurzeln der submersen Gewächse sehr dünn sind, so bleibt die Zahl der Parenchymschichten und -Reihen nur eine geringe. Bei *Vallisneria* (Fig. 83a) befinden sich zwischen Epidermis und Schutzscheide nur 4 concentrische Schichten und circa 12 radiale Reihen, bei *Lemna trisulca* sogar nur 2 Schichten und circa 7 Reihen. Diese Wurzeln sind also ausserordentlich dünne Gebilde.

Die innerste Lage des Rindenparenchyms, von welcher die radialen Reihen ausstrahlen, bildet die Schutzscheide um den Leitbündelstrang. Sie ist bezüglich der Verkorkung viel ausgeprägter als in den Stengeln. In den meisten Fällen erstreckt sich die Verkorkung sowohl auf die Radial- als die Tagential-

[1]) Vergl. Fr. Schwarz, Wurzelhaare.

wandungen, wobei erstere wiederum stärker verkorkt erscheinen als letztere. Dagegen sind bei *Elodea*, *Potamogeton densus* und *crispus*, *Vallisneria*, *Lemna trisulca* nur die Radialwände in Form von Streifen mit Suberin imprägnirt. Ueberall bleiben die Schutzscheiden zartwandig.

Mechanisches Gewebe wird nirgends im Parenchym ausgebildet.

Der axile Leitbündelstrang, welcher von der Schutzscheide umschlossen wird, setzt sich entsprechend der Dünnheit der Adventivwurzeln bei den submersen Gewächsen meist nur aus verhältnissmässig wenigen Elementen zusammen, welche überall die überhaupt für die Wurzeln typische, radiale Anordnung beibehalten. Was über die Differenzirung der Leitbündelelemente des Stammes oben auseinandergesetzt wurde, gilt auch für diejenigen der Wurzel. Gefässe werden nur in geringer Zahl ausgebildet: bei den meisten monocotylen submersen Pflanzen erfahren diese wenigen Gefässe insofern eine Reduction in ihrer Differenzirung, als die Resorption der Querwände schon eintritt, ehe die charakteristischen Wandverdickungen angelegt werden. Die Gefässe erscheinen dann als einfache, mit Flüssigkeit erfüllte Gänge. Auch die Phloëmgruppen erleiden eine Vereinfachung. In sehr vielen Fällen gelangen in jeder derselben nur je eine Siebröhre mit ihrer Geleitzelle zur Entwicklung. Die Gefässplatten stossen im Centrum zusammen und gestatten keine Entwicklung von Mark.

Da die Wurzeln einer verhältnissmässig kurzen Lebensdauer unterliegen, so tritt in den meisten Fällen und namentlich bei allen monocotylen submersen Pflanzen niemals ein Cambium auf, durch dessen Thätigkeit neue Gefässe und Siebröhren gebildet würden. Nur bei einigen mehr amphibisch vegetirenden Dicotylen, wie *Hippuris*, *Elatine*, erscheint ein Cambium, das aber bald seine Theilungen einstellt.

Zwischen den Gefässplatten und den Phloëmgruppen treffen wir überall eine dünne Zone zartwandiger, langgestreckter, parenchymatischer Elemente, welche von van Tieghem als „tissu conjonctif" oder Verbindungsgewebe bezeichnet worden sind. Auch in den Gefässplatten können solche Zellen ausgebildet sein (*Myriophyllum spicatum*). Da dieses Parenchym, soweit es unmittelbar die Gefässe umgibt, höchst wahrscheinlich bei der Leitung des Wassers in den letzteren mit betheiligt ist und dem Holzparenchym in den Leitbündeln des Stengels entspricht, so könnte es auch mit demselben Namen belegt werden, vor allem in den Fällen, wo die Phloëmgruppen von der Xylemparthie durch Cambium getrennt erscheinen.

In den meisten der hier besprochenen Wurzeln, so bei allen Monocotylen, wird aber das Cambium gar nicht angelegt oder angedeutet und das Verbindungsgewebe stellt dann zusammen mit dem in gleicher Weise ausgebildeten Pericambium, von welchem keine Seitenwurzeln mehr erzeugt werden, gewissermassen eine Art Grundgewebe des Stranges vor, in welches die Siebröhrengruppen und die Gefässe eingebettet liegen. In diesen Fällen entspricht das Verbindungsgewebe ganz den parenchymatischen Elementen, welche in den einfacheren axilen Strängen der Stämme ohne Dickenwachsthum zwischen Phloëm und Xylem liegen. Eine Unterscheidung in Phloëm- resp. Xylemparenchym ist nicht angängig, zumal in den einfachsten Wurzeln Siebröhren und Gefässe nur durch eine Lage solcher Zellen getrennt erscheinen. Die Bezeichnung „Verbindungsgewebe" dürfte am zweckmässigsten für derartige Fälle sein.

Wie die axilen Stränge der Stämme, so unterwerfen wir auch diejenigen der Wurzeln am besten einer gesonderten Untersuchung bei den hier in Betracht kommenden Dicotylen und Monocotylen, welche in einigen Punkten Verschiedenheiten zeigen. Innerhalb beider Gruppen lassen sich die Wurzelstränge nach dem Grade der Vereinfachung zu je einer Uebergangsreihe zusammenstellen, welche besonders bei den Monocotylen mit sehr reducirten Endgliedern abschliesst.

α) Dicotylen.

Ein Blick auf die Figuren 69—74, welche in Querschnitten die Anordnung der Elemente in den Wurzeln von ***Elatine alsinastrum***, ***Hippuris vulgaris***, ***Myriophyllum spicatum*** und ***alterniflorum***, ***Ranunculus fluitans*** und ***aquatilis*** veranschaulichen, lehrt, dass überall die radiale Vertheilung der Xylem- und Phloëmgruppen beibehalten bleibt. Auf die wohlausgeprägte Schutzscheide folgt nach innen zunächst eine Schicht zartwandiger, ziemlich weitlumiger, langgestreckter Zellen, das Pericambium, welches von van Tieghem als „membrane rhizogène" bezeichnet wird, da sie die Stätte bezeichnet, wo die Bildung der Seitenwurzeln ihren Ursprung nimmt. Unmittelbar unter dem Pericambium folgen mehrere regelmässig vertheilte kleine Gruppen von Phloëm und abwechselnd mit diesen die englumigen Erstlingsgefässe, von denen die Bildung der Gefässplatten nach innen bis zur Axe vorschreitet. Siebröhren und Gefässe sind überall deutlich differenzirt. Zuweilen kann trotz ursprünglich regelmässiger Anlage hie und da die nachträgliche Ausbildung der Phloëmgruppen oder Gefässstrahlen eine etwas ungleichartige werden, so bei *Myriophyllum spicatum* in Fig. 71a. Wenn zarte Seitenwürzelchen an den Adventivwurzeln erzeugt werden, so besitzen dieselben im Allgemeinen einen ähnlich gebauten Strang wie letztere, nur verringert sich die Zahl der ihn zusammensetzenden Elemente. Durch Wegfall von Erstlingsgefässen kann die Gruppirung auch eine unregelmässige werden. So zeigt Fig. 71b den Querschnitt durch eine solche zarte Seitenwurzel von *Myriophyllum spicatum* mit nur 2 Gefässen, welche aber nicht diametral gegenüberstehen.

Die unverzweigten und dünnen Adventivwurzeln der ***Callitriche***-Arten zeigen unter den Dicotylen die einfachsten Wurzelstränge, welche sich nur aus sehr wenigen Elementen zusammensetzen. Fig. 75a stellt den Querschnitt durch den diarchen Wurzelstrang von ***Callitriche stagnalis*** dar. Auf das wenigzellige Pericambium folgt in der Richtung eines Durchmessers eine Gefässplatte aus 3 Gefässen, wovon das mittlere, etwas weitlumigere, in der Axe liegt. Zu beiden Seiten liegen die auf je 1 Siebröhre mit ihrer Geleitzelle reducirten Phloëmgruppen. Die Geleitzellen stossen unmittelbar an das axile Gefäss, während zwischen die beiden Siebröhren und die Erstlingsgefässe sich je eine oder zwei Verbindungszellen einschieben. Die Landform von *Callitriche stagnalis* (Fig. 75b) besitzt in der Gefässplatte noch ein Gefäss mehr.

Ganz ähnliche Zusammensetzung aus wenigen Elementen zeigt der triarche Strang der Wurzel von ***Call. vernalis*** (Fig. 76).

β) Monocotylen[1]).

Die axilen Wurzelstränge der monocotylen submersen Gewächse weichen von denen der dicotylen in einigen Punkten ab. Ihre Reihe endigt mit höchst einfachen Gebilden, in denen sogar die Differenzirung von Siebröhren zu unterbleiben scheint.

In der Betrachtung der Einzelformen sei der Ausgang von dem scharf differenzirten Wurzelstrang einer Schwimmpflanze genommen, von ***Potamogeton natans*** (Fig. 77), an welchen sich die übrigen *Potameen* direct anschliessen.

[1]) Vergl. auch Van Tieghem, Symétr. de struct. pg. 159. Structure de quelques racines adventives de plus en plus simples.

Der Wurzelstrang ist pentarch gebaut. Er enthält somit 5 Siebtheile, die aber alle auf je eine weitlumige, deutliche Siebröhre mit je einer nach innen ihr anlagernden Geleitzelle beschränkt erscheinen. Diese 5 Siebröhren liegen nun nicht mehr innerhalb des Pericambiums, sondern sind in dasselbe hineingerückt und stossen unmittelbar an die dickwandige, wohlentwickelte Schutzscheide. Dagegen haben die 5 zuerst angelegten, englumigen Gefässe des Stranges ihre normale Lage unter dem Pericambium mit den Siebtheilen alternirend beibehalten. In der Axe des Stranges verlaufen 2 weite, nebeneinanderliegende Gefässe, welche von den 5 zuerst gebildeten Gefässen und den Siebtheilen durch eine Lage „cellules conjonctives" getrennt sind. Die Gefässstrahlen, welche sich hier sehr vereinfacht darstellen, sind also nicht geschlossen, wie dies beispielsweise bei *Ranunculus fluitans* der Fall ist. Siebtheile und Gefässtheile rücken durch Wegfall von Elementen enge zusammen und erstere sogar in das Pericambium hinein. Auch erzeugen diese Wurzeln nie ein Cambium; sie scheinen nur für einjährige Lebensdauer ausgebildet zu werden. Die Gefässe sind bei *Pot. natans* deutlich differenzirt mit netzförmigen Verdickungen und perforirten Querwänden. Mit Ausnahme der Siebröhren verdicken die übrigen Elemente des Stranges etwas ihre Wandung.

Potamogeton densus (Fig. 78) hat genau die gleiche Anordnung und Zahl der Elemente im Wurzelstrang. Indessen bleiben hier alle Zellen dünnwandig. Die grossen Siebröhren treten deutlich mit ihren Geleitzellen hervor. Die Gefässe aber erfahren keine deutliche Differenzirung der Wandung; auf Längsschnitten sieht man keine Verdickungen oder nur schwache Spuren, so dass die Gefässe als Gänge erscheinen. Ueberhaupt erfahren in den Wurzeln der monocotylen submersen Gewächse die Gefässe, obwohl sie überall sofort zu erkennen sind, keine weitgehende Ausbildung. Die Resorption der Querwände tritt meist ein, bevor Verdickungen angelegt werden.

Potamogeton crispus (Fig. 79) schliesst sich an vorhergehende Art an mit dem einzigen Unterschiede, dass in der Axe nur ein Gefässgang vorhanden ist, welcher bei allen im Folgenden beschriebenen Wurzeln wiederkehrt.

Potamogeton pectinatus (Fig. 80) zeichnet sich dagegen schon durch eine weitergehende Vereinfachung durch Ausfall von Elementen aus, insofern als von den Gefässen die 5 peripherischen unterdrückt sind und nur das axile, dessen Wandung mit zarten Spiralen verdickt erscheint, sich erhalten hat. Die 5 Siebröhren, seitlich durch 2—4 Pericambiumzellen getrennt, sind wie bei den vorhergehenden Arten ausgebildet. Das Verbindungsgewebe schiebt sich in Form eines nur einschichtigen Mantels zwischen das axile Gefäss und den Siebröhren-Pericambium-Mantel.

Zannichellia palustris (Fig. 81) unterscheidet sich von *Pot. pectinatus* im Bau des Wurzelstranges nur durch den Mangel von Verdickungen in dem axilen Gefäss.

Bei beiden ist zu bemerken, dass der radiale Bau des Stranges in einen genau concentrischen übergegangen ist.

Von den Wurzelsträngen der submersen *Potameen* weicht derjenige von ***Elodea canadensis*** darin ab, dass das Pericambium sich hier als geschlossene Ringzone noch erhalten hat, dass somit die Siebröhren, die nebst ihren Geleitzellen zu je einer die 4 oder 5 Phloëmtheile repräsentiren, ihre normale

Lage besitzen (Fig. 82). Das tetrarche oder pentarche Bündel[1]) zeigt im Uebrigen dieselbe Ausbildung wie bei *Potamogeton crispus*. Van Tieghem[2]) gelang es, in den Gefässen an den Wandungen zarte, spiralige Verdickungen nachzuweisen, welche aber später, zunächst im axilen Gefäss, resorbirt zu werden scheinen. Caspary's Darstellung[3]) ist ungenau und ebenso bedarf der von ihm beschriebene Wurzelstrang von *Hydrilla verticillata*[4]) einer erneuten Untersuchung.

Die einfachsten Wurzelstränge unter den monocotylen Wasserpflanzen besitzen ***Vallisneria spiralis*** und die ***Lemnaceen.***

Bei ersterer folgt auf die im Querschnitt aus etwa 9 Zellen bestehende Schutzscheide ein einfacher Ring zartwandiger, langgestreckter Elemente, welche einen axilen Gang umgeben. Letzterer entspricht dem axilen Gefäss der übrigen Arten. Von den ihn umgebenden Zellen erblicken wir auf Querschnitten in dreien je eine Tangentialwand, welche eine innere kleinere und eine äussere grössere Zelle scheidet (Fig. 83b). Diese 3 getheilten Elemente liegen regelmässig im Ringe vertheilt und werden durch je zwei einfache Elemente seitlich getrennt. Zieht man zum Verständniss dieser Bildung den Strang von *Zannichellia* (Fig. 81) in Vergleich, so liegt die Annahme nahe, dass wir in den drei durch Tangentialwände getheilten Elementen je eine Siebröhre mit ihrer Geleitzelle zu erblicken haben. Es gelang mir wegen der Englumigkeit derselben nicht, auf Längsschnitten mit Sicherheit Siebplatten nachzuweisen, doch dürfte aus Gründen der Analogie die Siebröhrennatur dieser Gebilde sehr wahrscheinlich sein. Die zwischen den fraglichen Siebröhren gelegenen Zellen, je 2 an Zahl, würden sich dann als letzter Rest des Pericambiums darstellen und der ganze Wurzelstrang würde triarch gebaut sein. Alle übrigen Elemente bis auf das axile Gefäss sind geschwunden.

Van Tieghem[5]) hat die Tangentialwände übersehen und betrachtet die zwischen Schutzscheide und axilem Gang gelegenen Zellen als Pericambium. Er glaubt ferner, dass die Zellreihe, aus welcher der axile Gang entstände, dem gesammten Xylem und Phloëm der höher differenzirten Wurzeln homolog zu erachten seien, dass somit der einfache Wurzelstrang eine Hemmungsbildung vorstelle. Diese Ansicht theile ich nicht. Die Vereinfachung ist bedingt durch Wegfall von Elementen. Müller[6]) hat ebenfalls die Tangentialwände übersehen.

Noch einfacher gestalten sich die Verhältnisse für den Strang der kurzen, zarten und vergänglichen Adventivwurzeln von ***Lemna trisulca*** (Fig. 84), indem hier innerhalb der auf dem Querschnitt 7 zelligen Schutzscheide nur ein Ring von 7 zartwandigen, langgestreckten Zellen folgt, welche einen engen axilen Canal umschliessen. Tangentialwände sind in ersteren nicht mehr zu erkennen. Es erscheint zweifelhaft ob unter diesen Elementen sich Siebröhren vorfinden. Hegelmaier[7]) bezeichnet sie als Cambiform, ich möchte sie als homolog der Siebröhren-Pericambiumzone der übrigen betrachteten Wurzelstränge setzen. Auch *Lemna minor* (Fig. 85) hat denselben Bau des Stranges. In dem axilen Gang

[1]) Van Tieghem, Symétr. de struct., bildet den Querschnitt eines pentarchen Bündels ab (Tfl. VI Fig. 39).
[2]) Ibid. pg. 168 u. Tfl. VI Fig. 40.
[3]) Caspary, Hydrill. pg. 460.
[4]) Ibid. pg. 395.
[5]) Van Tieghem, l. c. pg. 172, Tfl. VI Fig. 42.
[6]) Müller, Vallisneria, pg. 55, Tfl. IV Fig. 39.
[7]) Hegelmaier, Lemn. pg. 97.

lassen sich bei beiden Arten Verdickungen nicht nachweisen, doch folgt seine Gefässnatur aus dem Vergleich mit dem im übrigen ebenso einfach gebauten Wurzelstrang von *Spirodela polyrrhiza*, in welchem Hegelmaier[1]) ringförmige, streckenweise auch spiralige Verdickungen des axilen Gefässes nachgewiesen hat. Van Tieghem[2]) sagt von der Zellreihe, aus welcher der Gang entsteht: „c'est la cellule-mère du cylindre de cambium, frappée d'arrêt de développement avant d'avoir pu se diviser en cellules cambiales." Ebenso wenig wie für *Vallisneria* ist diese Ansicht auch für *Lemna* haltbar. Auch Russow[3]) ist der Ansicht, dass wir es hier nicht mit Hemmungsbildungen zu thun haben.

Vallisneria und *Lemna* besitzen die einfachsten Wurzelstränge unter allen Gefässpflanzen. Von grosser Bedeutung für die Versorgung des assimilirenden Gewebes mit Nährsalzen können sie unmöglich sein, sie stellen reducirte Bildungen vor.

Von dem Wurzelstrang von ***Najas major*** gibt van Tieghem[4]) an, dass unter der Schutzscheide 2 Schichten gleichgestalteter, zartwandiger langgestreckter Zellen liegen, welche einen centralen Gang umschliessen. Ich halte es für sehr wahrscheinlich, dass sich in ersteren Siebröhren nachweisen lassen.

Zum Schlusse sei bemerkt, dass Wurzeln von Land- oder Uferpflanzen, falls sie im Wasser sich entwickeln, die Tendenz verrathen, die für die Wasserwurzeln überhaupt typischen Eigenschaften anzunehmen[5]). In der Rinde bilden sich grössere luftführende Intercellularräume aus, die Gefässe im Strange werden reducirt, dickwandige Elemente durch dünnwandige vertreten. Je nach der Anpassungsfähigkeit der betreffenden Gewächse werden die Unterschiede grössere oder geringere. Andererseits nähern sich die Wurzeln der Landformen der submersen Gewächse mehr oder weniger in der Structur den typischen Landwurzeln.

Vergleichen wir die axilen Stränge der Wurzeln mit denen der Stengel, so treten uns die bekannten Differenzen in der Anordnung der Phloëm- und Xylemgruppen entgegen. Russow[6]) hat die Ansicht vertreten, dass die Wurzelstränge sich von Leitbündeln mit centralem Xylem und peripherischem Phloëm ableiten. Dagegen setzt Falkenberg[7]) wohl richtiger den Wurzelstrang dem Centralcylinder des Stengels homolog und glaubt, dass man es in dem Centralcylinder der Wurzel ebenfalls mit verschiedenen Strängen zu thun habe. Ganz abgesehen von dieser Streitfrage bleibt die Gruppirung der Leitbündeltheile trotz der Verschmelzung zu axilen Strängen im Stamm und in der Wurzel eine andere und nur in den Endgliedern der stark reducirten Stränge der submersen Pflanzen treffen wir in beiden Organen gleichartige Bildungen an. In dem axilem Strang des Stengels von *Elodea* (Fig. 44) erblicken

---

[1]) Hegelmaier, Lemnac., pg. 100.
[2]) Van Tieghem l. c. pg. 174. Tfl. VI, Fig. 43.
[3]) Russow, pg. 59.
[4]) Van Tieghem, l. c., pg. 170. Tfl. VI, Fig. 41.
[5]) Costantin. Ann. sc. nat. 7. sér. I. pg. 173 ff.
[6]) Russow, pg. 11 u. 12.
[7]) Falkenberg, pg. 194.

wir einen radialen Bau ähnlich wie in der Wurzel dieser Pflanze (Fig. 82), welcher durch die eigenthümliche Verschmelzung aus 4 Leitbündeln zu Stande gekommen ist. *Potamogeton pectinatus* und *Zannichellia palustris* dagegen besitzen sowohl im Stengel wie in der Wurzel genau concentrischen Bau der einfachen Bündel (Fig. 42 a, 43 und Fig. 80, 81). Auch *Najas* dürfte sich beiden in diesem Verhalten anschliessen. Aus gänzlich verschiedenen Anfangsgliedern gehen somit im Laufe der phylogenetischen Entwickelung durch Vereinfachung gleichartige Endformen hervor.

Bonn, botanisches Institut. December 1885.

Litteratur-Verzeichniss.

F. W. C. Areschoug: Jemförende Undersökningar öfver Bladets Anatomi. Lund 1878.

E. Askenasy: Ueber den Einfluss des Wachsthumsmediums auf die Gestalt der Pflanzen. Bot. Ztg. 1870. (Ranunculus aquatilis und divaricatus.)

E. Bornet: Recherches sur le Phucagrostis major Cavol. Ann. sc. nat. Bot. 5. sér. I. 1864.

J. Borodin: Spaltöffnungen bei Callitriche autumnalis. Bot. Ztg. 1869.

J. Borodin: Ueber den Bau der Blattspitzen einiger Wasserpflanzen. Bot. Ztg. 1870.

R. Caspary: Die Hydrilleen. Pringsheims Jahrb. f. wiss. Bot. I. 1858 Berlin.

R. Caspary: Ueber Hydrilla verticillata. Amtl. Bericht der Vers. deutscher Naturf. u. Aerzte. Königsberg 1860.

R. Caspary: Aldrovandia vesiculosa. Bot. Ztg. 1859 und 1862.

R. Caspary: Bulliarda aquatica DC. Schriften phys. öcon. Ges. Königsberg I. 1860.

R. Caspary: Bemerkungen über die Schutzscheide und die Bildung des Stammes und der Wurzel. Pringsheims Jahrb. f. wiss. Bot. IV. 1865/66 Leipzig.

R. Caspary: Ueber die Gefässbündel der Pflanzen, vorlfg. Mitth. Kgl. Acad. der Wiss. Berlin 1862, Juli 10.

G. A. Chatin: Recherches d'anatomie comparée végétale. Anatomie de la famille des Najades. Compt. rend. hebd. des séances de l'Acad. des sc. Paris 1854, Bd. XXXIX. pg. 1044.

G. A. Chatin: Anatomie de la Vallisneria spiralis. Bull. soc. bot. France I. 1854 Paris.

G. A. Chatin: Anatomie comparée des végétaux, Plantes aquatiques monocotylédones. Paris 1857—1862.

G. A. Chatin: Faits d'anatomie et de physiologie pour servir à l'histoire de l'Aldrovandia. Bull. soc. bot. France V. 1858. Paris.

F. Cohn: Ueber Aldrovandia vesiculosa. Flora 1850, p. 673.

J. Costantin: Recherches sur la structure de la tige des plantes aquatiques. Ann. sc. nat. Bot. 6. sér. XIX. 1884. Paris.

J. Costantin: Recherches sur l'influence qu'excerce le milieu sur la structure des racines. Ann. sc. nat. Bot. 7. sér. I. 1885. Paris.

J. Costantin: Observations critiques sur l'épiderme des feuilles des végétaux aquatiques. Bull. soc. bot. France XXXII. 1885.

A. De Bary: Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane. Leipzig 1877.

P. Duchartre: Études sur les Zostéracées. Compt. rend. hebd. des séances de l'Acad. des sc. Paris 1854. Bd. XXXIX, pg. 1008 u. 1080.

P. Duchartre: Quelques observations sur les caractères anatomiques des Zostera et Cymodocea. Bull. soc. bot. France XIX. 1872. Paris.

P. Falkenberg: Vergl. Untersuchungen über den Bau der Monocotylen. 1876. Stuttgart. (Pot. crispus, Zostera mar., Vallisn. spir.)

A. B. Frank: Beiträge zur Pflanzenphysiologie II. Ueber die Entstehung der Intercellularräume der Pflanzen. Leipzig 1868.

J. Grönland: Beitrag zur Kenntniss von Zostera. Bot. Ztg. 1851, pg. 185.

G. Haberlandt: Physiologische Pflanzenanatomie im Grundriss. Leipzig 1884.

Fr. Hegelmaier: Monographie der Gattung Callitriche. Stuttgart 1864.

Fr. Hegelmaier: Die Lemnaceen. Leipzig 1868.

Fr. Hegelmaier: Ueber verschiedene Entwicklungs-Erscheinungen an jugendlichen Theilen einiger Wassergewächse. (Blattspitzen von Myrioph. und Ceratoph.) Bot. Ztg. 1871, pg. 493.

Th. Holm: Recherches anatomiques sur deux Monocotylédones submergées. (Halophila Baillonii et Elodea densa.) Bihang till k. svenska Vet-Acad. Handlingar, Bd. 9. Stockholm 1885.

Th. Irmisch: Ueber das Vorkommen von schuppen- oder haarförmigen Gebilden innerhalb der Blattscheiden bei monocotylen Gewächsen. Bot. Ztg. 1858, pg. 177.

Fr. Kamienski: Vergleichende Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte der Utricularien. Bot. Ztg. 1877.

Fr. Kamienski: Vergleichende Anatomie der Primulaceen. Abhandl. der naturforsch. Ges. in Halle. XIV. 1878.

J. de Klercker: Sur l'anatomie et le développement de Ceratophyllum. Bihang till k. svenska Vet-Acad. Handlingar, Bd. 9. Stockholm 1885.

N. Lewakoffski: Ueber den Einfluss des Wassers auf das Wachsthum der Stengel und Wurzeln einiger Pflanzen. Gelehrte Schriften der Kais. Universität Kasan 1873. Russisch. Ref. Bot. Jahresber. 1873, pg. 594.

N. Lewakoffski: Zur Frage über den Einfluss des Mediums auf die Form der Pflanzen. Ibid.

P. Magnus: Beiträge zur Kenntniss der Gattung Najas. Berlin 1870.

P. Magnus: Einige Bemerkungen zu dem Aufsatz des Herrn J. Borodin „Ueber den Bau der Blattspitze etc.". Bot. Ztg. 1871.

F. Müller: Untersuchungen über die Structur einiger Arten von Elatine. Flora 1877, pg. 481, Tfl. VII.

J. Fr. Müller: Die Entwicklung von Vallisneria spiralis. Bot. Abh. von J. Hanstein. III. Bonn 1878.

C. Nägeli: Das Wachsthum des Stammes und der Wurzel bei den Gefässpflanzen und die Anordnung der Gefässstränge im Stengel. Beitr. zur wiss. Bot. I. Heft. Leipzig 1858.

Fil. Parlatore: Tavole per una Anatomia delle piante aquatiche. Firenze 1881.

K. Prantl: Morphologische Studien II. Was ist unter Cambiform zu verstehen? Flora 1876.

N. Pringsheim: Zur Morphologie der Utricularien. Mtsber. kgl. Acad. Wissensch. Berlin 1869.

W. Rothert: Vergl. anatom. Untersuchungen über die Differenzen im primären Bau der Stengel und Rhizome krautiger Phanerogamen nebst einigen allgemeinen Betrachtungen histologischen Inhalts. Dorpat 1885. Inaug.-Diss.

E. Russow: Betrachtungen über das Leitbündel- und Grundgewebe. Dorpat 1875.

C. Sanio: Vergleichende Untersuchungen über die Zusammensetzung des Holzkörpers. Bot. Ztg. 1863. Nachschrift pg. 408.

C. Sanio: Einige Bemerkungen in Betreff meiner über Gefässbildung geäusserten Ansicht. Bot. Ztg. 1865 p. 184. (Hippuris, Ceratophyll., Trapa, Anacharid. etc.).

B. Scheifers: Anatomie der Laubsprosse von Potamogeton. Bonn 1877. Inaug.-Diss.

H. Schenck: Ueber Structuränderung submers vegetirender Landpflanzen. Ber. deutsch. bot. Ges. II. 1884. Berlin.

M. J. Schleiden: Beiträge zur Kenntniss der Ceratophylleen. Beitr. z. Botanik. Leipzig 1844.

Fr. Schwarz: Die Wurzelhaare der Pflanzen. Unters. bot. Inst. Tübingen I. 1883 Leipzig.

S. Schwendener: Das mechanische Princip im anatomischen Bau der Monocotylen. Leipzig 1874.

S. Schwendener: Die Schutzscheiden und ihre Verstärkungen, Abhandl. der kgl. Acad. d. Wissensch. Berlin 1882.

E. Strasburger: Das botanische Practicum. Jena 1884. (Hippuris, Elodea).

Ph. van Tieghem: Anatomie de l'Utriculaire commune. Ann. sc. nat. Bot. 5 sér. X. 1868.

Ph. van Tieghem: Recherches sur la symétrie de structure des plantes vasculaires I. La racine. Ann. sc. nat. Bot. 5. sér. XIII. 1870—71.

Herm. Vöchting: Zur Histologie und Entwicklungsgeschichte von Myriophyllum. Nova Acta Acad. Leopold. XXXVI. Dresden 1872.

G. Volkens: Ueber Wasserausscheidung in liquider Form an den Blättern höherer Pflanzen. Jahrb. bot. Garten. Berlin II. 1883.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Blattstructur.

Fig. 1. *Ceratophyllum demersum.*

a) Querschnitt durch einen Blattzipfel, Chlorophyll zum Theil eingezeichnet.
b) Leitbündel des Blattes mit den benachbarten Parenchymzellen im Querschnitt.
c) Epidermis des Blattes, von der Fläche gesehen.
d) Die subepidermale Parenchymlage, von der Fläche gesehen.

Fig. 2. *Utricularia minor.*

a) Querschnitt durch den unteren Theil eines Blattes.
b) Querschnitt durch einen Endzipfel.

Fig. 3. *Utricularia vulgaris.*

a) Querschnitt durch den unteren Theil eines Battes. Chlorophyll in der Epidermis. Die grösseren Intercellularen sind mit stärkeren Conturen versehen.
b) Querschnitt durch den oberen Theil eines kleinen Endzipfelchens.
c) Epidermis der Blattzipfel von oben, mit den Köpfchenhaaren.
d) Subepidermale Parenchymschicht, von der Fläche gesehen.

Fig. 4. *Myriophyllum spicatum.*

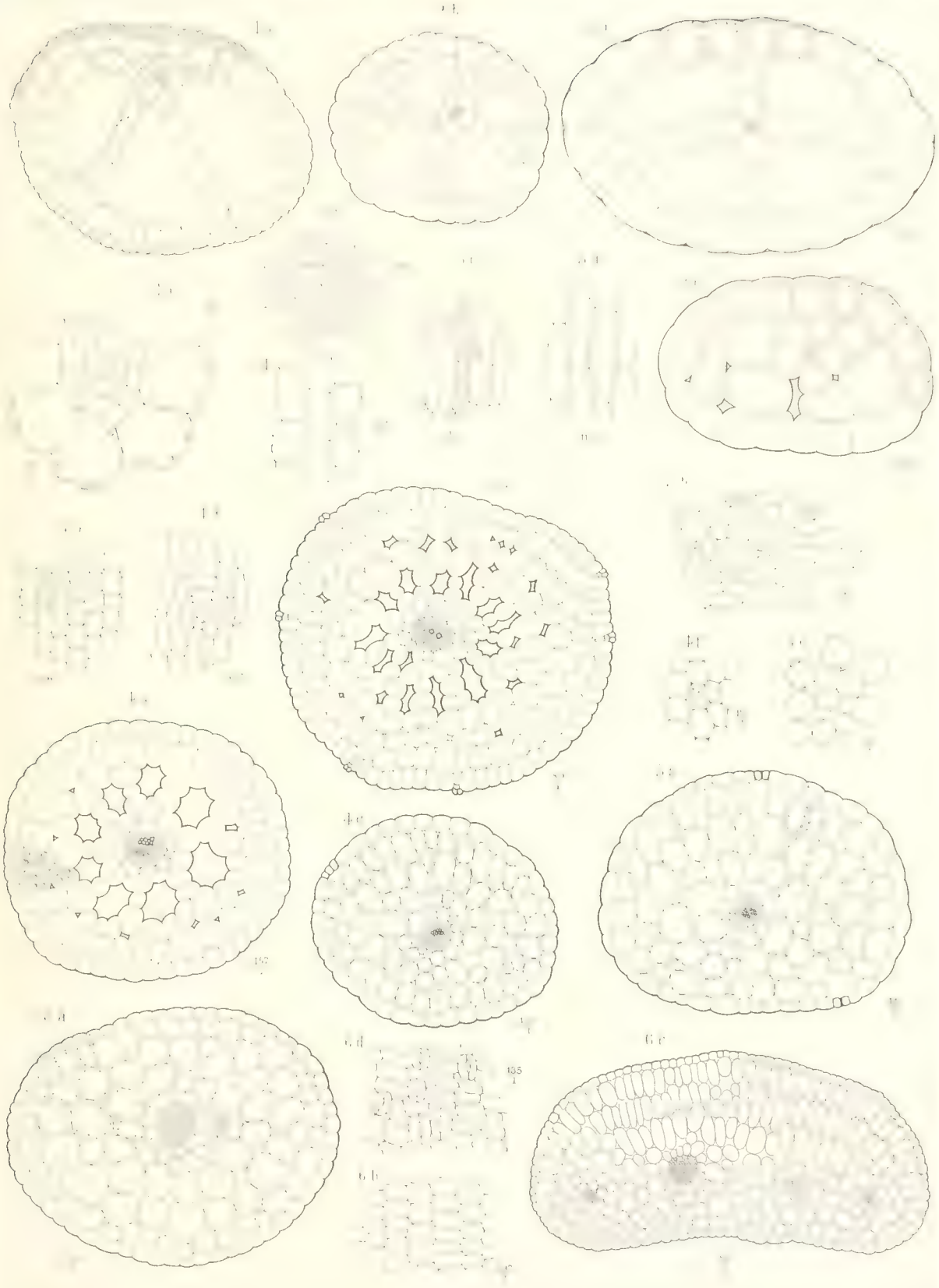
a) Querschnitt durch ein Blattfiederchen der Wasserform. Epidermis mit Chlorophyll, Parenchym von grossen Stärkekörnern mit schwachgrüner Hülle erfüllt.
b) Epidermis der Blattfiederchen, von oben gesehen.
c) Querschnitt durch ein Blattfiederchen der Landform; Epidermis ohne Chlorophyll, aber mit Spaltöffnungen.
d) Blattepidermis der Landform, von oben gesehen.
e) Subepidermale, Palissadenparenchymartige Schicht der Oberseite eines Blattfiederchens der Landform, von oben gesehen.
f) Subepidermale Parenchymschicht der Unterseite desselben Fiederchens, von oben gesehen.

Fig. 5. *Myriophyllum alterniflorum.*

a) Querschnitt durch ein Blattfiederchen der Landform, Epidermis sparsam kleine Chlorophyllkörperchen noch enthaltend.
b) Epidermis desselben, von oben gesehen.

Fig. 6. *Ranunculus fluitans.*

a) Blattzipfel der Wasserform im Querschnitt; das Leitbündel hat sich in 2 Bündel für die nächstfolgenden Zipfel gespalten; Radialer Bau.
b) Epidermis der Blattzipfel der Wasserform, von oben gesehen.
c) Querschnitt durch einen Blattzipfel der Landform. Epidermis ohne Chlorophyll. Dorsiventraler Bau.
d) Epidermis der Oberseite desselben, von oben gesehen.



Tafel II.

Blattstructur.

Fig. 7. *Ranunculus aquatilis.*

a) Querschnitt durch einen verbreiterten Blattzipfel der Landform; zeigt die für die Luftblätter typische Differenzirung der Gewebe.
b) Epidermis der Oberseite,
c) Epidermis der Unterseite desselben Zipfels.

Fig. 8. *Ranunculus divaricatus.*

a) Querschnitt durch einen Blattzipfel der Wasserform.
b) Epidermis desselben, von oben gesehen.
c) Subepidermale Parenchymschicht, von oben gesehen.

Fig. 9. *Isoïtes lacustris.*

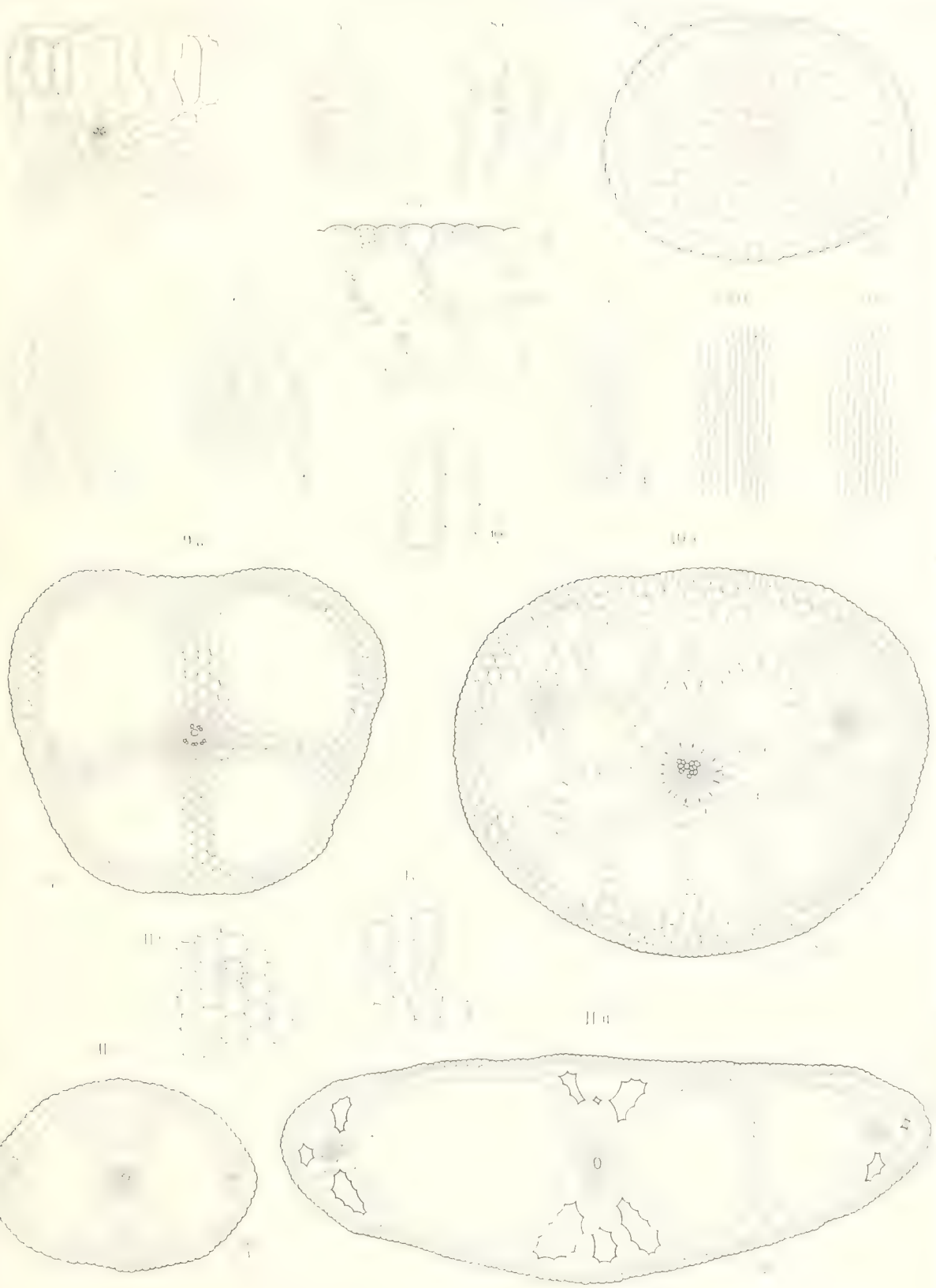
a) Querschnitt durch ein submerses Blatt. Gefässbündel mit lysigenem Gang, nach oben mit einem wenige Gefässe enthaltenden Holztheil, nach unten im Halbkreis Phloëmgruppe.
b) Aussenwandung eines Luftganges desselben im Querschnitt, ep. Epidermis.
c) Epidermis des Blattes, von oben gesehen.
d) Die subepidermale Parenchymschicht, von oben gesehen.

Fig. 10. *Litorella lacustris.*

a) Querschnitt durch das Blatt eines submersen Exemplars.
b) Blattepidermis der Oberseite.
c) Blattepidermis der Unterseite.

Fig. 11. *Potamogeton pectinatus.*

a) Blattquerschnitt; ein medianes Bündel, zwei seitliche, letztere angedeutet. Zartblätterige Varietät.
b) Epidermis desselben Blattes, von oben gesehen.
c) Subepidermale Parenchymschicht desselben Blattes, von oben gesehen.
d) Blattquerschnitt. Grossblätterige robustere Varietät.



Tafel III.

Blattstructur.

Fig. 12. *Zannichellia palustris.*
Blattquerschnitt. Im Bündel ein Gefässgang.

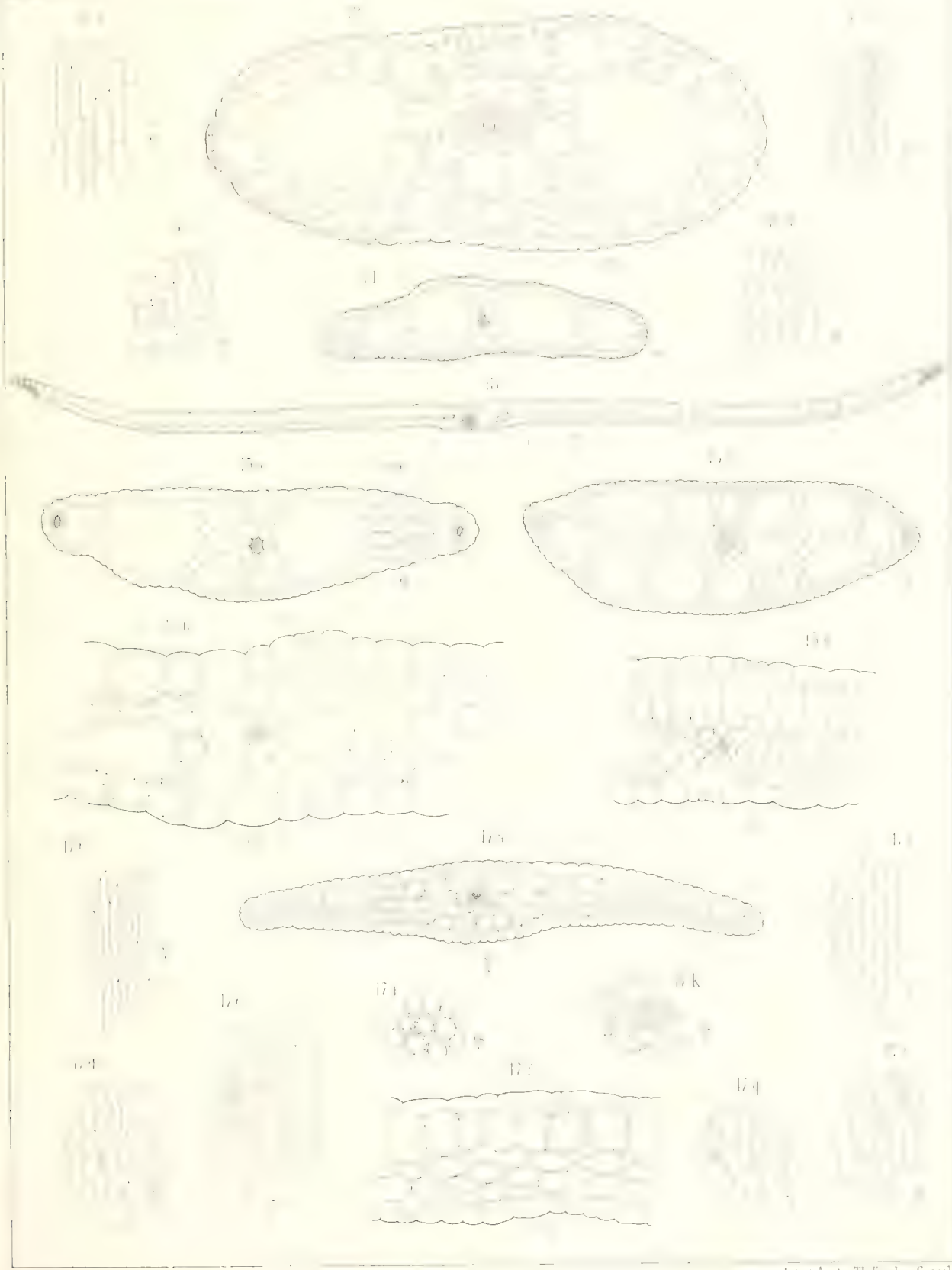
Fig. 13. *Elodea canadensis.*
Blattquerschnitt. Unter dem medianen Bündel eine Fasergruppe, auch die Epidermiszellen der Unterseite daselbst faserartig entwickelt. Am Blattrande einige Epidermiszellen der Unterseite, ebenfalls langgestreckt und verdickt. i. Intercellulargänge.

Fig. 14. *Aldrovandia vesiculosa.*
Querschnitt durch den Blattstiel. Lufträume bis an die Epidermis stossend. Letztere bildet die assimilirende Gewebeschicht. Blattbündelchen angedeutet.

Fig. 15. *Alisma Plantago.*
a) Querschnitt durch ein lineales zartes Blatt einer submers gekeimten jungen Pflanze. Lufthöhlen bis zur chlorophyllhaltigen Epidermis reichend. 1 medianes und 2 laterale Blattbündel. Sept. = perforirtes einschichtiges zartes Querseptum der Luftgänge.
b) Querschnitt durch ein Blatt derselben Pflanze, welches eine etwas erbreiterte Spreite besass und den Uebergang zu den Luftblättern zeigte. Die Parenchymsepten gruppiren sich annähernd zu einer Art von Schwammparenchym; auf der Oberseite bilden sich Spaltöffnungen (St.)
c) Epidermis der Oberseite,
d) Epidermis der Unterseite desselben Blattes.
e) Querschnitt durch die eiförmige Spreite eines gestielten Luftblattes einer auf Schlamm gekeimten jungen Luftpflanze. Structur der Epidermis und des Parenchyms wie bei einem typischen Luftblatt.

Fig. 16. *Alisma natans.*
a) Querschnitt durch ein submerses schmallineales Blatt.
b) Epidermis der Oberseite,
c) Epidermis der Unterseite desselben.

Fig. 17. *Callitriche vernalis.*
a) Querschnitt durch ein submerses schmallineales Blatt. Epidermis ohne Chlorophyll und Spaltöffnungen.
b) Epidermis der Oberseite,
c) Epidermis der Unterseite desselben Blattes.
d) Epidermis der Oberseite,
e) Epidermis der Unterseite eines submersen Blattes mit erbreiteter Spreite, Uebergang zu den Schwimmblättern; erstere mit Spaltöffnungen.
f) Querschnitt durch das Blatt der Landform.
g) Epidermis der Oberseite,
h) Epidermis der Unterseite desselben Blattes.
i) Subepidermale Parenchymschicht der Oberseite, Palissadenschicht.
k) Subepidermale Parenchymschicht der Unterseite, Schwammparenchym. Beide von demselben Blatte und von der Fläche betrachtet.



H. Schenck gez

Artist. Anst. v. Th. Fischer, Cassel

Tafel IV.

Blattstructur.

Fig. 18. *Hottonia palustris.*

a) Querschnitt durch einen Zipfel des gefiederten Blattes
b) Blattepidermis.
c) Subepidermales Parenchym, von der Fläche gesehen.

Fig. 19. *Lemna trisulca.*

a) Querschnitt durch den Sprossstiel.
b) 2. Sprossglied, oberer Theil, im Querschnitt. Epidermis nur mit sehr wenigen kleinen Chlorophyllkörperchen.
c) Epidermis desselben, von oben gesehen.
d) Subepidermales Parenchym, von oben gesehen.
e) Querschnitt durch eine Taschenwandung. Epidermis der Aussenseite wie gewöhnlich ausgebildet, die der Innenseite dem Parenchym gleichgestaltet.

Fig. 20. *Vallisneria spiralis.*

a) Querschnitt aus dem oberen Theil des Blattes mit dem medianen Bündel. Luftgänge regelmässig parallel neben einander laufend.
b) Medianes Leitbündel aus dem Blatt im Querschnitt. Zeigt dieselbe Zusammensetzung wie die Leitbündel des Stammes.
c) Blattepidermis, von oben gesehen.

Fig. 21. *Zostera marina.*

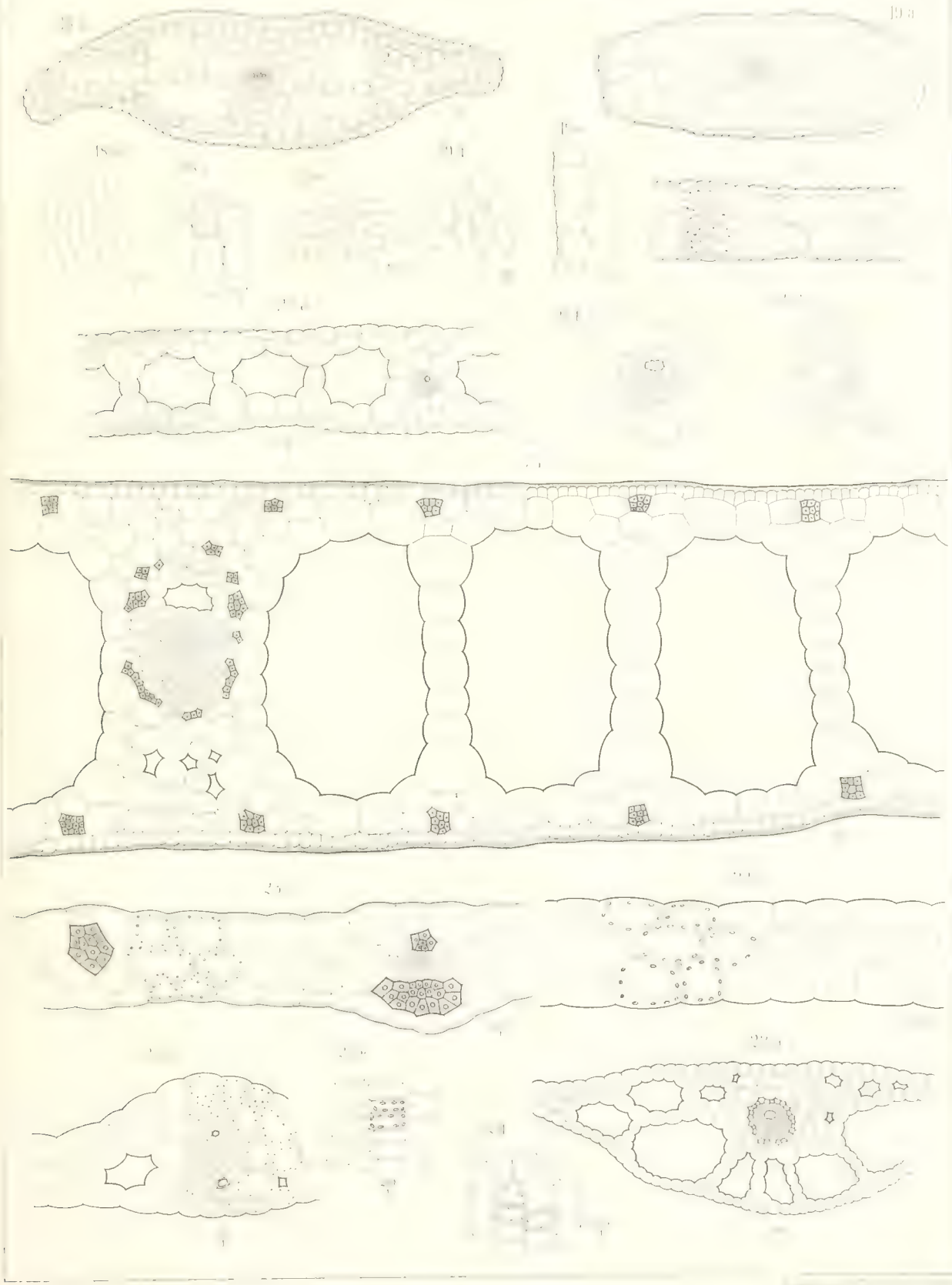
Blattquerschnitt mit dem medianen Leitbündel, welches aus dem nach oben gelagerten Holztheil, einen lysigenen Gang umschliessend, und dem nach unten gelagerten grossen Siebtheil besteht und aussen einen unterbrochenen Ring von Fasergruppen besitzt. Bastrippen unter der Epidermis regelmässig vertheilt.

Fig. 22. *Potamogeton densus.*

a) Blattmedianus im Querschnitt. Leitbündel angedeutet, mit Bastfasern im Umkreis.
b) Seitenrippe im Querschnitt. Im Xylem des Bündels ein enger Gang, durch Resorption aus Ringgefässen entstanden. Die Ringe bleiben im Gange erhalten. Phloëm mit Siebröhren. An der Unterseite eine Bastfaser.
c) Blattlamina zwischen den Rippen, im Querschnitt.
d) Epidermis der Blattoberseite, von oben gesehen.
e) Epidermis der Blattunterseite, von oben gesehen.

Fig. 23. *Potomogeton acutifolius.*

Blattquerschnitt mit Lateralbündel, welches oben und unten Bastbelege zeigt. Ausserdem in der Lamina subepidermale Bastrippen regelmässig vertheilt.



H Schenck gez

Tafel V.

Stammstructur.

Fig. 24. *Peplis Portula.*

Querschnitt durch den axilen Strang des Stengels eines submers erwachsenen Exemplars. m Mark, phl äussere Phloëmzone, phl[1] innere Phloëmzone.

Fig. 25. *Elatine Alsinastrum.*

Querschnitt durch den axilen Strang eines dünnstengeligen Exemplars. Im Inneren des Xylemringes zartwandiges Mark, aussen der Phloëmring bis zur Schutzscheide.

Fig. 26. *Utricularia vulgaris.*

Querschnitt durch den axilen Strang des Stengels. m collenchymatisch verdicktes Mark, phl Phloëmring, xyl Holztheil, nur an der Unterseite zwischen Mark und Phloëmring entwickelt; aussen die Schutzscheide.

Fig. 27. *Utricularia minor.*

Axiler Strang im Querschnitt. Sehr zartstengeliges Exemplar. Nur ein Gefäss im Holztheil. Anordnung der Elemente wie bei voriger Art.

Fig. 28. *Callitriche stagnalis.*

Axiler Strang im Querschnitt.

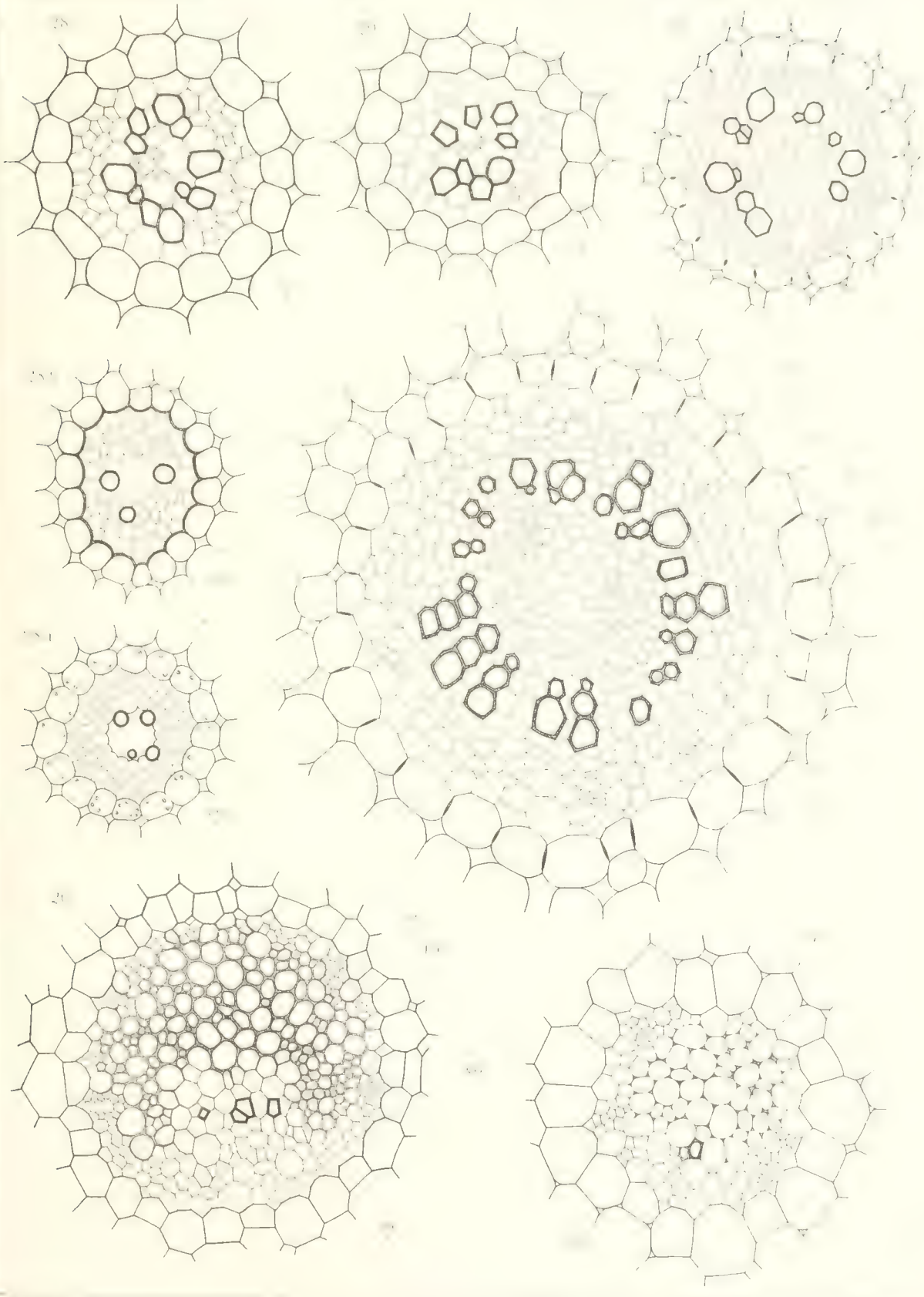
a) aus dem Stengel der Wasserform. Mark resorbirt.

b) desgl., Schutzscheide etwas verdickt.

c) aus dem Stengel der Landform. Gefässe in grösserer Zahl. Markzellen erhalten geblieben. Phloëmring sehr schmal.

Fig. 29. *Callitriche vernalis.*

Axiler Strang, im Querschnitt. Landform. Mark erhalten. Im Phloëmring nur etwa 4 Siebröhren erkennbar.



Tafel VI.

Stammstructur.

Fig. 30. *Hottonia palustris.*

Axiler Strang des Stengels im Querschnitt. Auf den Gefässring folgt nach innen ein markähnliches Holzparenchym mit den Ueberresten der zuerst gebildeten Gefässe: die aus Erstlingsgefässen entstandenen Intercellularlücken mit stärkeren Conturen gezeichnet.

Fig. 31. *Aldrovandia vesiculosa.*

Axiler Strang des Stengels im Querschnitt. In der Axe der durch Resorption von Ringgefässen entstandene Gang, umgeben von Holzparenchymzellen, auf welche nach aussen bis zu der unverkorkten Schutzscheide eine dicke Phloëmringzone folgt.

Fig. 32. *Ceratophyllum demersum.*

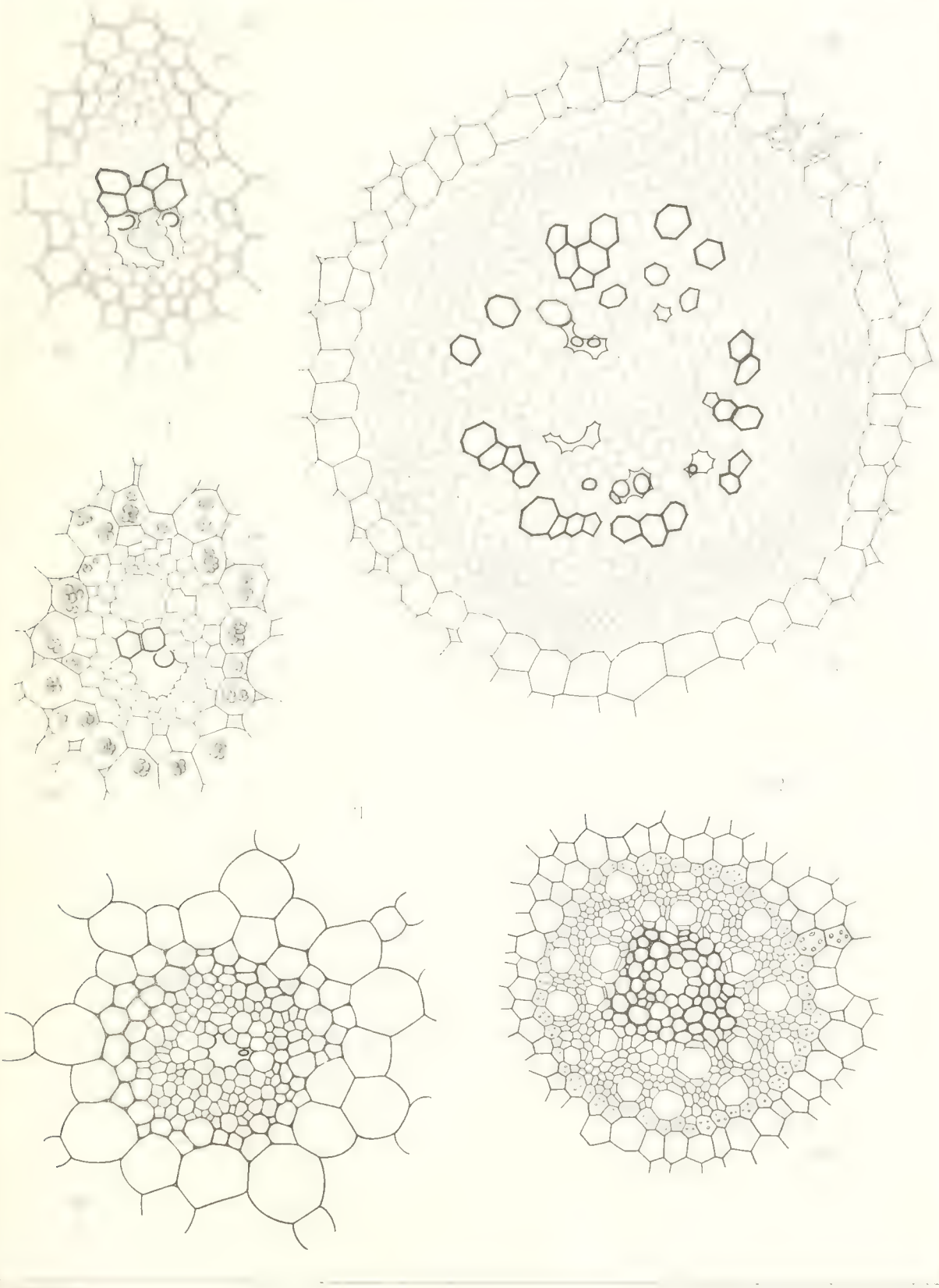
Axiler Strang im Querschnitt. In der Axe der lysigene Xylemgang, Holzparenchym verdickt. Phloëmzone sehr entwickelt, mit grossen Siebröhren.

Fig. 33. *Ranunculus aquatilis.*

Querschnitt durch ein einzelnes Gefässbündel aus dem Stamm der submersen Form. Die zuerst gebildeten Gefässe sind resorbirt zu 2 Gängen, die von zartem Holzparenchym umgeben werden. (In der Regel nur 1 solcher Gang.) Das Bündel wird von einer schwach verdickten mechanischen Scheide, die zu beiden Seiten unterbrochen ist, umgeben. phl Phloëm.

Fig. 34. *Ranunculus divaricatus.*

Gefässbündel aus dem Stamm. Untergetauchtes Exemplar. Die Scheide m ist nicht verdickt. Im Holztheil nur ein Gang. phl Phloëm. r Rindenparenchym mit grossen zusammengesetzten Stärkekörnern.



Artist Anst. v. Dr Fischer Cassel

Tafel VII.

Stammstructur.

Fig. 35. *Potamogeton perfoliatus.*

Eines der vier eckständigen stammeigenen Bündel des axilen Stranges im Querschnitt. end Endodermis des Stranges, mp Markgrundgewebe zwischen den Bündeln desselben, rp Rindenparenchym. Im Xylem des Bündels ein grosser, aus Gefässen durch Resorption entstandener Gang, der von einer schmalen Zone Holzparenchym umgeben wird. Phloëm mit 9 grossen Siebröhren, davon eine mit Siebplatte gezeichnet; m Bastfasern.

Fig. 36. *Potamogeton nitens.*

Axiler Strang des Stengels im Querschnitt, aus 10 Einzelbündeln, welche mehr oder weniger verschmolzen sind, zusammengesetzt. In der Mediane liegen 2 Bündel, von denen das grössere 3 Phloëmtheile, einen aussen, zwei seitlich zeigt. Zwischen den Bündeln ziehen sich schmale Zonen von Grundgewebe (mp) hin, deren dickere Wandung durch stärkere Conturen wiedergegeben ist, ferner Bastfasern, welche auch die Schutzscheide (end) zum Theil verstärken. Die Xylemtheile der Bündel sind hier wie auch in den folgenden Figuren leicht an den grossen, von Holzparenchym kranzförmig umgebenen Gängen zu erkennen. Siebtheile mit grossen Siebröhren.

Fig. 37. *Potamogeton crispus.*

Axiler Strang im Querschnitt. Einzelbündel zu einer medianen und 2 seitlichen Gruppen enger vereint, zwischen denen stärkeführendes Grundgewebe und einzelne Bastfasern auftreten. Die rechte Gruppe enthält noch 2 Xylemtheile, die linke bloss einen.

Fig. 38. *Potamogeton lucens.*

Axiler Strang im Querschnitt. Verschmelzung weiter vorgeschritten. In den 3 Bündelgruppen nur je 1 Holztheil, im mittleren 2 Phloëmgruppen. Grundgewebe (mp) grosszellig, zartwandig, mit kleinen Intercellularen. Wenig verdickte Bastfasern in Gruppen legen sich an die Grundgewebszonen und an die Endodermis in der Mediane an.

Fig. 39. *Potamogeton densus.*

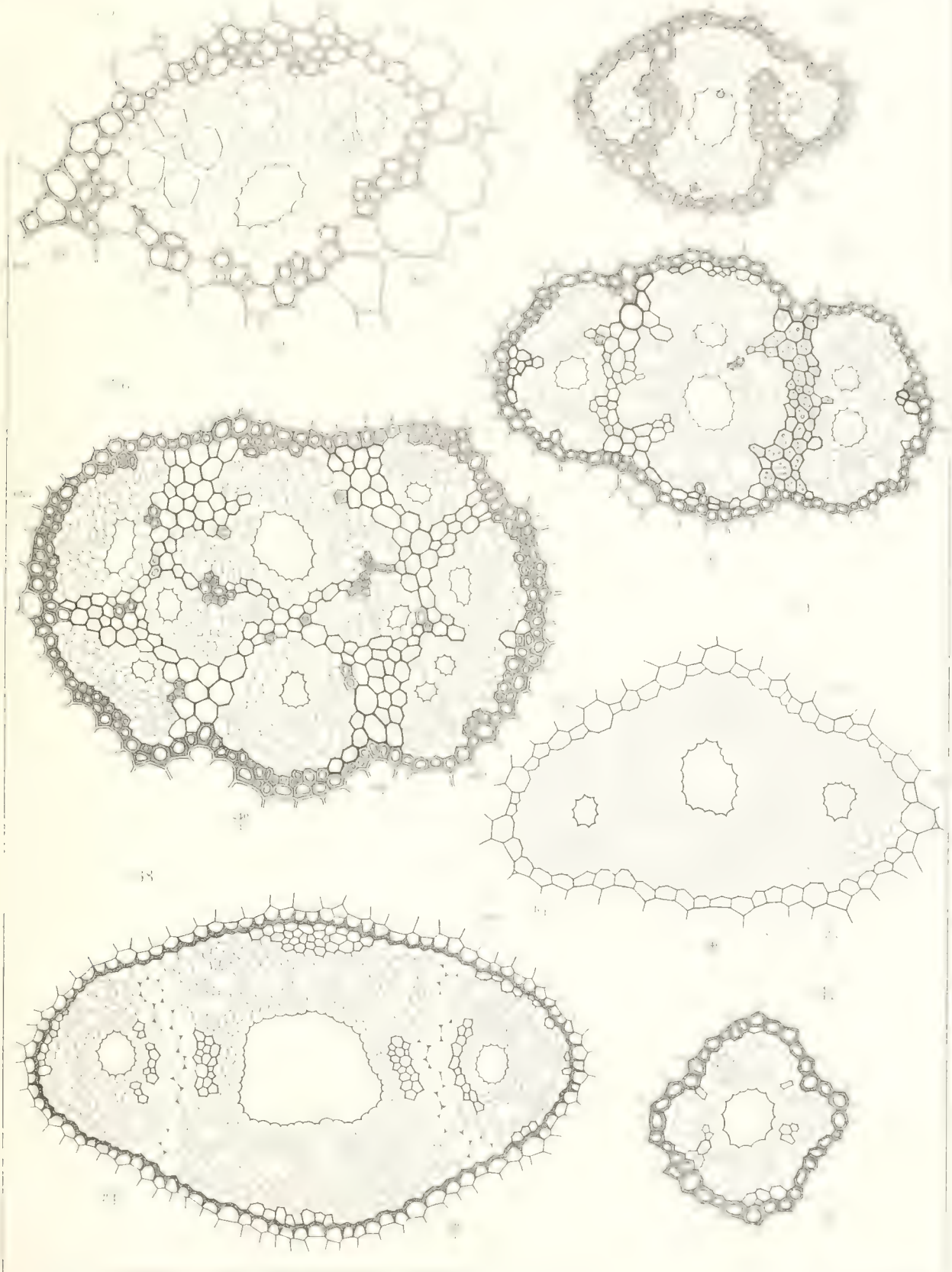
Axiler Strang im Querschnitt. Alle Elemente zartwandig, im Uebrigen ähnliche Zusammensetzung wie bei voriger Art. Das Grundgewebe (mp) zwischen den mittleren grösseren und den beiden seitlichen kleineren Bündeln auf dem Querschnitt kaum hervortretend, in Form einer schmalen Zone vorhanden. end Schutzscheide, s Siebröhren.

Fig. 40. *Potamogeton acutifolius.*

Axiler Strang im Querschnitt. Schutzscheide dickwandig. Das mittlere grössere Bündel mit 2 Phloëmtheilen von den beiden kleineren seitlichen Bündeln durch Bastfasern geschieden. In den Xylemgängen Gefässringe, an der Wandung haftend, sichtbar.

Fig. 41. *Potamogeton pusillus.*

Axiler Strang im Querschnitt. Holztheile aller Einzelbündel zu einem einzigen axilen verschmolzen. Dagegen lassen sich noch 4 Phloëmgruppen, 2 mediane und 2 transversale, erkennen, welche durch einige dünne Bastfasern geschieden werden. Schutzscheide dickwandig. Eine Siebröhre mit Siebplatte gezeichnet.



Tafel VIII.

Stammstructur.

Fig. 42. *Potamogeton pectinatus.*
a) Axiler Strang im Querschnitt. Vollkommen concentrischer Bau. Phloëmzone breit. Axiler Holztheil mit grossem durch Resorption von Ringgefässen entstehenden Gang, der von Holzparenchymzellen unmittelbar umgeben wird.
b) Axiler Strang dicht unter dem Knoten im Querschnitt. Abzweigung des Blattleitbündels, und Schutzscheide.

Fig. 43. *Zannichellia palustris.*
Axiler Strang im Querschnitt. Wie bei *P. pectinatus* gebaut. Phloëmzone schmäler, nur einen Ring von Siebröhren (s) enthaltend.

Fig. 44. *Elodea canadensis.*
Axiler Strang im Querschnitt. Aus einem centralen und 3 peripherischen Bündeln durch Verschmelzung hervorgegangen. In den Holztheilen dieser Bündel je ein lysigener, mit stärkeren Conturen gezeichneter Gang, von einem Kranz Holzparenchymzellen umgeben. Siebtheile zu einer Ringzone verschmolzen. Siebröhren durch Schattirung angedeutet. Der Querschnitt ist einem Exemplar entnommen, welches in einem seichten Tümpel gewachsen war, gedrungenen Habitus besass und sich durch ziemliche Derbwandigkeit aller Zellen auszeichnete.

Fig. 45. *Vallisneria spiralis.*
Einzelbündel aus dem Stolo im Querschnitt. Im Xylem ein lysigener Gang von einem Holzparenchymring umgeben. Nach aussen schliesst sich daran eine Siebzone, die wiederum aussen von einer dünnwandigen Bastsichel bedeckt wird. Die 4 dunkel schattirten Zellen stellen Gerbstoffschläuche vor.

Fig. 46. *Lemna trisulca.*
Leitbündelchen im Querschnitt.
a) Aus dem Sprossstiel,
b) Aus dem zweiten Sprossglied, dicht über dem Knoten.
Im Holztheil ist nur ein Gefäss (gef) vorhanden, im Siebtheil nur eine Siebröhre (s) mit 2 Geleitzellen.

Fig. 47. *Potamogeton lucens.*
Rindenbündel im Querschnitt.
a) Mit Xylem, Phloëm und Bastfasern.
b) Desgl., Xylemgang eng, mit einem Ringe an der Wandung.
c) Bastfaserbündel mit zartwandigem, wenige Siebröhren enthaltendem Phloëm im Innern.
d) Bastfaserbündel ohne Phloëm.

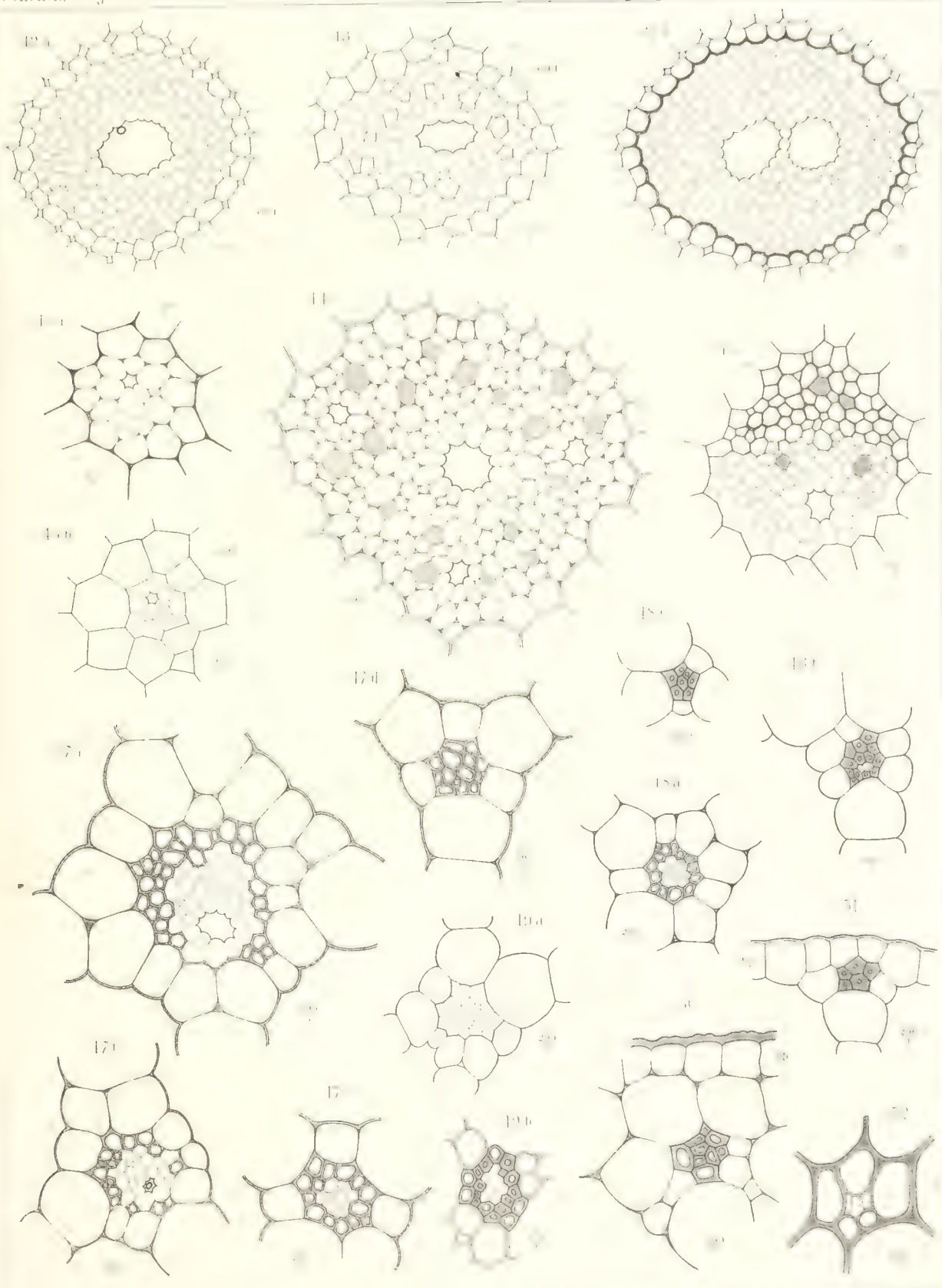
Fig. 48. *Potamogeton nitens.*
Rindenbündel im Querschnitt.
a) mit kleiner Phloëmgruppe.
b) mit 1 Siebröhre nebst 1 Geleitzelle.
c) ohne zartwandige Elemente.

Fig. 49. *Potamogeton pectinatus.*
Rindenbündel im Querschnitt.
a) Zartwandiges Phloëmbündelchen.
b) Bastfaserbündelchen mit einigen zartwandigen Phloëmelementen.

Fig. 50. *Potamogeton perfoliatus.*
Bastfaserbündel unter der subepidermalen Parenchymlage. ep. Epidermis.

Fig. 51. *Potamogeton acutifolius.*
Subepidermales Bastfaserbündelchen. ep. Epidermis.

Fig. 52. *Elodea canadensis.*
Rindenbündelchen, eine Siebröhre (s) nebst 2 Geleitzellen umschliessend.



Tafel IX.

Stammstructur.

Fig. 53. *Ceratophyllum demersum.*
Stammquerschnitt. Luftgänge klein. Axiler Strang angedeutet.

Fig. 54. *Elatine Alsinastrum.*
Stammquerschnitt.

Fig. 55. *Aldrovandia vesiculosa.*
Stammquerschnitt.

Fig. 56. *Potamogeton densus.*
Stammquerschnitt.

Fig. 57. *Callitriche stagnalis.*
Stammquerschnitt. a) Landform. b) Wasserform.

Fig. 58. *Peplis Portula.*
Stammquerschnitt.

Fig. 59. *Ranunculus divaricatus.*
Stammquerschnitt.

Fig. 60. *Myriophyllum spicatum.*
a) Epidermis und Aussenrinde des Stammes im Querschnitt.
b) Epidermis, von der Fläche gesehen.
c) Subepidermale Parenchymschicht, von der Fläche gesehen.
d) Parenchymzellen der Septen zwischen den Luftgängen, von der Fläche gesehen.
e) Schutzscheidenstück, im Querschnitt. s Siebröhre des angrenzenden Phloëms.
f) Schutzscheidenzellen, im Querschnitt, mit conc. H_2SO_4 behandelt. Ein Streifen in den Radialwänden stärker verkorkt.
g) Dieselben von der Fläche gesehen.
h) und i) Parenchymsepten zwischen den Luftcanälen des Stammes, im Querschnitt. Mit Kalkoxalatdrusenzellen.

Fig. 61. *Ceratophyllum demersum.*
a) Epidermis des Stammes.
b) Subepidermale Parenchymschicht, von der Fläche gesehen.

Fig. 62. *Elatine Alsinastrum.*
a) Epidermis des Stammes.
b) Subepidermale Parenchymschicht, von der Fläche gesehen.
c) Parenchymzellen der Septen zwischen den Luftgängen, von der Fläche gesehen.

Fig. 63. *Ranunculus divaricatus.*
Epidermis des Stammes, von der Fläche gesehen.

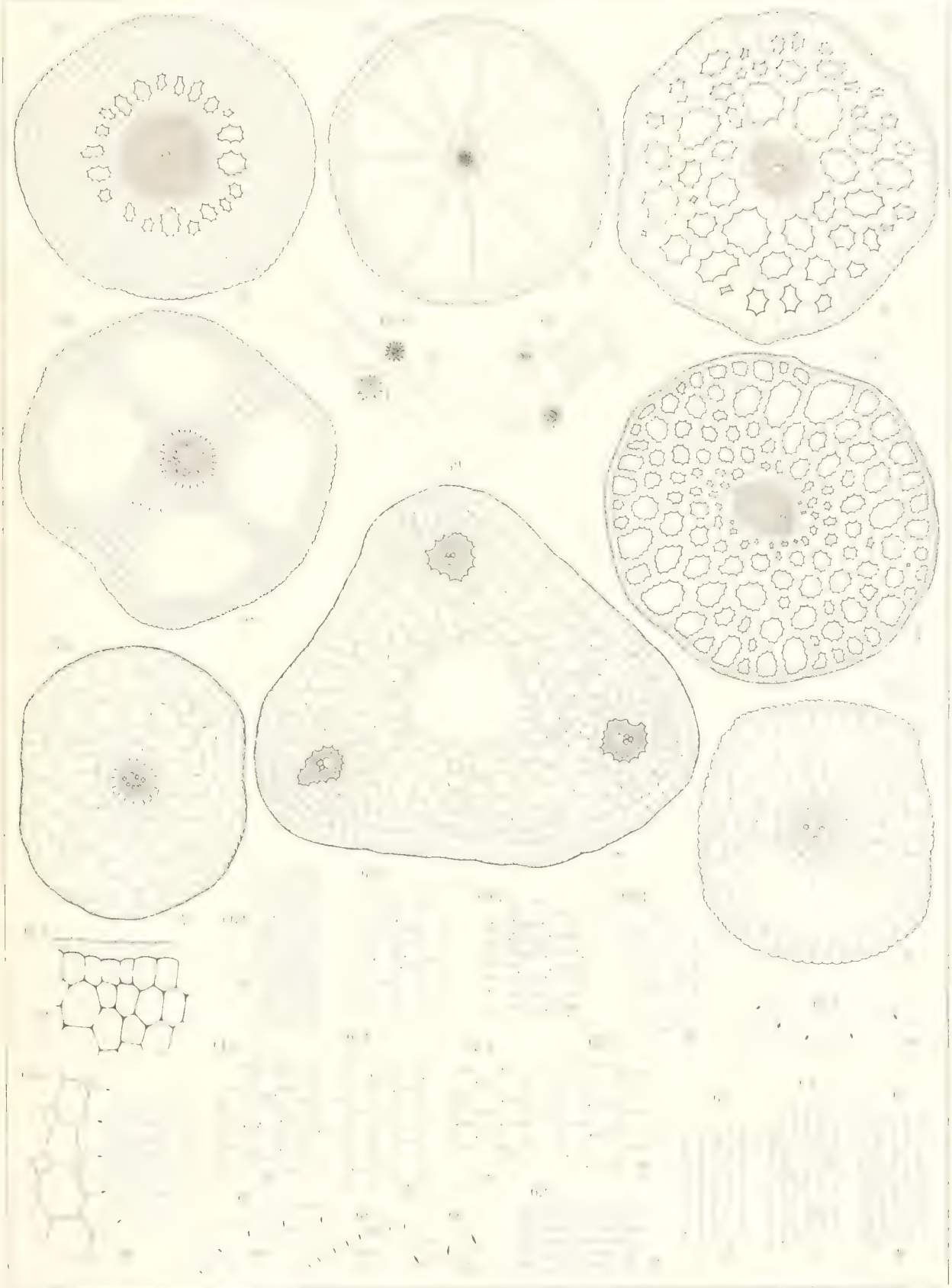
Fig. 64. *Utricularia vulgaris.*
Epidermis des Stammes mit den Köpfchenhaaren, von der Fläche gesehen.

Fig. 65. *Potamogeton lucens.*
Epidermis des Stammes, von der Fläche gesehen.

Fig. 66. *Peplis portula.*
Schutzscheidenzellen im Querschnitt, mit conc. H_2SO_4 behandelt. Vergl. Fig. 24.

Fig. 67. *Hippuris vulgaris.*
Desgleichen.

Fig. 68. *Potamogeton perfoliatus.*
Desgleichen. Vergl. Fig. 35.



Tafel X.

Wurzelstructur.

Fig. 69. *Hippuris vulgaris.*
Querschnitt durch den axilen Strang einer dünnen Adventivwurzel der Landform. end Schutzscheide, p Pericambium, phl Phloëmgruppen.

Fig. 70. *Elatine Alsinastrum.*
a) Querschnitt durch den axilen Strang einer älteren Adventivwurzel.
b) Querschnitt durch den axilen Strang einer jungen Adventivwurzel.

Fig. 71. *Myriophyllum spicatum.*
a) Querschnitt durch den axilen Strang einer Adventivwurzel. Pentarcher Bau mit etwas unregelmässiger Ausbildung.
b) Querschnitt durch den axilen Strang einer zarten Seitenwurzel einer solchen Adventivwurzel. Gefässstrahlen auf zwei Erstlingsgefässe reducirt.

Fig. 72. *Myriophyllum alterniflorum.*
Querschnitt durch den axilen Strang der Adventivwurzel der Landform. Tetrarcher Bau.

Fig. 73. *Ranunculus fluitans.*
Querschnitt durch den axilen Strang der Adventivwurzel der Wasserform.

Fig. 74. *Ranunculus aquatilis.*
Querschnitt durch den axilen Strang einer jungen Adventivwurzel der Wasserform.

Fig. 75. *Callitriche stagnalis.*
a) Axiler Strang der Adventivwurzel der Wasserform, im Querschnitt.
b) Desgl. der Landform. Beide nur mit je 1 Siebröhre (s) in den beiden Phloëmtheilen.

Fig. 76. *Callitriche vernalis.*
Querschnitt durch den axilen Strang einer Adventivwurzel. Triarcher Bau. In den 3 Phloëmgruppen nur je 1 Siebröhre (s).

Fig. 77. *Potamogeton natans.*
Axiler Strang einer Adventivwurzel im Querschnitt. gef Gefäss, s Siebröhre nebst Geleitzelle, p Pericambiumzellen, cj cellules conjonctives. Pentarcher Bau.

Fig. 78. *Potamogeton densus.*
Axiler Strang einer Adventivwurzel im Querschnitt. Dieselbe Anordnung der Elemente wie bei vorhergehender Art. Gefässe zartwandig; Siebröhren schattirt.

Fig. 79. *Potamogeton crispus.*
Axiler Wurzelstrang im Querschnitt. Anordnung der Elemente wie vorher. Im Centrum nur 1 Gefäss.

Fig. 80. *Potamogeton pectinatus.*
Axiler Wurzelstrang im Querschnitt. Von Gefässen nur das centrale erhalten geblieben. Der pentarche Bau wird durch die 5 Siebröhren, welche im Pericambium liegen, bezeichnet.

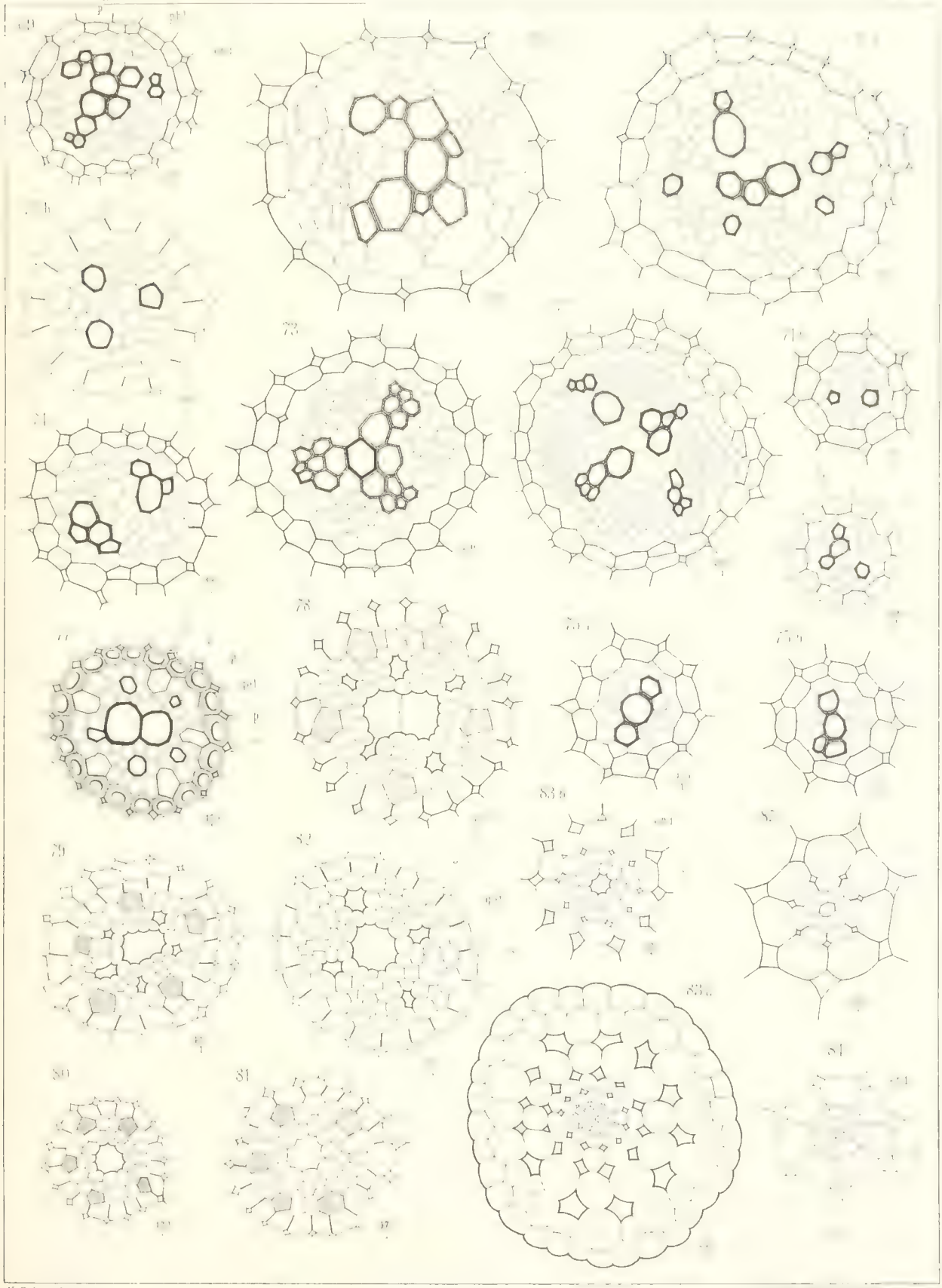
Fig. 81. *Zannichellia palustris.*
Axiler Wurzelstrang im Querschnitt. Wie bei voriger Art gebaut.

Fig. 82. *Elodea canadensis.*
Axiler Wurzelstrang im Querschnitt. Tetrarches Bündel, 4 peripherische Gefässe (gef), dazwischen 4 Siebröhren (s). Paricambium ringsum vorhanden.

Fig. 83. *Vallisneria spiralis.*
a) Adventivwurzel im Querschnitt.
b) Axiler Strang im Querschnitt. end Endodermis, s Siebröhren, zu 3 vorhanden. Ein centrales Gefäss ohne Verdickungen.

Fig. 84. *Lemna trisulca.*
Axiler Strang der Adventivwurzel im Querschnitt. end Endodermis, gef centrales Gefäss.

Fig. 85. *Lemna minor.*
Axiler Strang der Adventivwurzel im Querschnitt. Gleicher Bau wie bei voriger Art.



H. Schenck gez.

Verlag von Theodor Fischer in Cassel.

Bibliotheca botanica.

Original-Abhandlungen aus dem Gesammtgebiete der Botanik,

herausgegeben von

Dr. O. Uhlworm und **Dr. F. H. Haenlein** in **Cassel.**

Heft 1. enthält:

Schenck, Dr. H., Vergleichende Anatomie der submersen Gewächse. Mit 10 Tafeln. Preis 32 Mk.

Heft 2. enthält:

Zopf, Dr. W., Botanische Untersuchungen über die Gerbstoff- und Anthocyan-Behälter der Fumariaceen. Mit 3 farbigen Doppeltafeln. Preis 30 Mk.

Heft 3. wird enthalten:

Schiffner Dr. V., Ueber Verbascum-Hybriden und einige neue Bastarde des Verbascum pyramidatum. Mit 2 Tafeln.

Ferner haben Beiträge in Aussicht gestellt die Herren:

Prof. Dr. **A. B. Frank** in Berlin, Prof. Dr. **L. Kny** in Berlin, Geh. Rath Prof. Dr. **Jul. Kühn** in Halle a/S., Prof. Dr. **Leitgeb** in Graz, Prof. Dr. **F. Ludwig** in Greiz, Prof. Dr. **Reess** in Erlangen, Prof. Dr. **Russow** in Dorpat, Geh. Rath Prof. Dr. **Schenck** in Leipzig, Prof. Dr. **Vöchting** in Basel.

Die „Bibliotheca botanica" erscheint in Quartformat in zwanglosen Heften mit zahlreichen, zum grossen Theil farbigen Tafeln ausgestattet. — Jedes Heft wird einzeln abgegeben und einzeln berechnet.

Botanisches Centralblatt

Referirendes Organ für das Gesammtgebiet der Botanik des In- u. Auslandes.

Herausgegeben

unter Mitwirkung zahlreicher Gelehrten

von

Dr. Oscar Uhlworm in Cassel und **Dr. W. J. Behrens** in Göttingen.

Zugleich Organ des Botanischen Vereins in München, der Botaniska Sällskapet i Stockholm, der Gesellschaft für Botanik zu Hamburg, der botanischen Section der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur zu Breslau und der Botaniska Sektionen af Naturvetenskapliga Studentsällskapet i Upsala.

Abonnement für den Jahrgang (4 Bände in 52 Nrn.) mit 28 M. durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

Druck von Gebr. Gotthelft in Cassel.

BIBLIOTHECA BOTANICA.

Abhandlungen

aus

dem Gesammtgebiete der Botanik.

Herausgegeben

von

Dr. Oscar Uhlworm und **Dr. F. H. Haenlein**

in

Cassel.

(Heft No. 2.)

Dr. W. Zopf: Über die Gerbstoff- und Anthocyan-Behälter der Fumariaceen und einiger anderen Pflanzen. — Mit 3 Doppeltafeln in Farbendruck.

CASSEL.
Verlag von Theodor Fischer.
1886.

BIBLIOTHECA BOTANICA.

Abhandlungen

aus

dem Gesammtgebiete der Botanik.

Herausgegeben

von

Dr. Oscar Uhlworm und **Dr. F. H. Haenlein**

in

Cassel.

(Heft No. 2.)

Dr. W. Zopf: Über die Gerbstoff- und Anthocyan-Behälter der Fumariaceen und einiger anderen Pflanzen.

CASSEL.
Verlag von Theodor Fischer.
1886.

Über die

Gerbstoff- und Anthocyan-Behälter der Fumariaceen

und

einiger anderen Pflanzen

von

Dr. W. Zopf,

Privatdocent an der Universität Halle.

Mit 3 colorirten Doppeltafeln

CASSEL.

Verlag von Theodor Fischer.

1886.

Vorwort.

Die nahe Verwandtschaft zwischen den Erdrauchgewächsen (*Fumariaceen*) einerseits und den Mohngewächsen (*Papaveraceen*) andererseits legt eine Prüfung der bisher wohl noch nicht aufgeworfenen Frage nahe, ob etwa Milch- resp. Farbstoffbehälter, wie sie in der letzgenannten Familie vorzukommen pflegen, bei den Erdrauchgewächsen nähere oder entferntere Analoga finden.

Speciell hierauf gerichtete Untersuchungen führten zu dem Ergebniss, dass das Gewebe der *Fumariaceen* in der That besondere, in Gestalt einfacher Zellen auftretende Behälter besitzt, welche zu den sogenannten Farbstoffschläuchen der Mohngewächse nach gewissen Richtungen hin in unverkennbar verwandtschaftlichen Beziehungen stehen.

Diese Zellen werden constant in den Meristemen gewisser Gewebesysteme erzeugt, bleiben in diesen Geweben das ganze Leben hindurch constant erhalten und nehmen im Laufe ihrer Entwickelung mehr oder minder ausgesprochene, z. Th. sogar auffällige idioblastische Eigenschaften an.

Da sie ausnahmslos reichliche Mengen von farblosem, resp. gelb- oder roth gefärbtem Gerbstoff führen, so mögen sie als Gerbstoffbehälter, Gerbstoffidioblasten oder Gerbstoffschläuche bezeichnet werden.

Dass diese Gebilde bisher übersehen wurden, ist um so auffälliger, als sie nicht bloss bei Repräsentanten der verschiedensten Gattungen (ich hatte Gelegenheit zu untersuchen: *Corydalis cava* Schwg., *C. pumila* Rchb., *C. Halleri* Willd., *C. lutea* Pers., *C. ochroleuca* Koch, *Adlumia cirrhosa* Rafin, *Diclytra spectabilis* Koch, *D. formosa* D. C., *Fumaria officinalis* L., *F. muralis* Sonder[1]) vorkommen, sondern auch in verschiedenen Organen in solcher Menge auftreten, dass dieselben besondere, zum Theil sogar auffällige Tinction erhalten können.

Bei den Specialuntersuchungen, wie sie im ersten Abschnitt dieser Abhandlung dargelegt werden sollen, habe ich sowohl Vorkommen, Vertheilung und Bau der in Rede stehenden Behälter in

[1]) Für die gütigst gestattete Benutzung des *Fumariaceen*-Materials hiesigen Gartens spreche ich Herrn Prof. Kraus hierdurch meinen ergebensten Dank aus; auch Herrn Obergärtner Schwan bin ich wegen einiger Kulturen zu Dank verpflichtet.

den fertigen Organen ins Auge gefasst, als auch besonders auf die entwickelungsgeschichtlichen Verhältnisse möglichste Rücksicht genommen, was um so gebotener erschien, als die Gerbstoffschläuche in Bezug auf Momente dieser Art überhaupt noch eingehenderer Untersuchungen bedürfen, eine Einsicht, die man insbesondere bei dem Versuche gewinnt, die bisherigen Forschungen einer vergleichenden Betrachtung zu unterziehen.

An die Darlegung der Specialbefunde schliesst sich dann eine den Schluss bildende Zusammenfassung der gewonnenen Ergebnisse, nebst einigen Betrachtungen, in welche ich auch an einigen Punkten die Gerbstoffschläuche von *Parnassia palustris* und *Parietaria diffusa* hineingezogen habe, über die ein Anhang Details bringt.[1])

[1]) In der Junisitzung 1885 der naturforschenden Gesellschaft zu Halle wurde bereits unter Vorlage der Abbildungen ein längerer Vortrag über den Gegenstand gehalten.

I. Special-Untersuchungen.

Im Interesse der Uebersichtlichkeit möge die Besprechung der in Rede stehenden Behälter nach den Organen erfolgen.

A. Wurzeln.

1. Corydalis cava.

Taf. 1 Fig. 1—8.

Die von der ganzen Oberfläche des stark knollig ausgebildeten Mittelstockes entspringenden Adventivwurzeln zeigen folgenden (in Taf. 1 Fig. 4 dargestellten) Bau: Der Centralcylinder, dessen Gefässplatte in diametral-diarcher Form auftritt, wird umgeben von einer kleinzelligen und zartwandigen Schutzscheide. Die nach aussen zu sich anschliessende Rinde besteht aus relativ grossen, nach der Schutzscheide hin an Durchmesser abnehmenden, nicht in Radialreihen geordneten Parenchymzellen und schliesst mit einer gewöhnlichen, Wurzelhaare bildenden Epidermis ab.

Die Behälter, um die es sich hier handelt, liegen nun stets nur im Rindentheile (Taf. 1, Fig. 4), nie in der Schutzscheide oder im Centralcylinder, noch in der Epidermis.

Auf dem Querschnitt der Adventivwurzel erscheinen sie nach Form und Grösse wie gewöhnliche Parenchymzellen, stechen aber gegen diese durch ihren mehr oder minder intensiv gelben (schwefel- bis gummiguttgelben) stark lichtbrechenden und daher glänzenden Inhalt ab. (Taf. 1, Fig. 4.) Ihre Zahl ist nicht eben gross, denn ich traf auf dem Querschnitt gewöhnlich nicht mehr als 7 an.

Auf tangentialen oder radialen Längsschnitten (durch den älteren Theil der Adventivwurzel) treten die gelben Zellen im Allgemeinen in Form langgestreckter, bis 2 Millim. langer Schläuche entgegen, die entweder cylindrisch oder an beiden Enden mehr oder weniger verschmälert sind. (Taf. 1, Fig. 5 und 8).

Doch kommen hie und da auch kurze Formen vor, die von den übrigen Elementen der Rinde nach Grösse und Form kaum abweichen, während die längsten, ausgesprochen-idioblastischen Formen zu den Parenchymzellen in auffälligen Gegensatz treten. (Taf. 1, Fig. 5 und 8.)

Dass zwischen den längsten und kürzesten Schläuchen alle möglichen Uebergänge existiren, braucht wohl kaum besonders hervorgehoben zu werden.

Was die Membran der Schläuche anlangt, so trägt dieselbe ganz den Charakter der Wandung der nachbarlichen Parenchymzellen, zeigt also weder besondere Dicke oder Structur, noch besondere chemische Beschaffenheit, ist also nicht verkorkt.

Wo den Scheidewänden der Parenchymzellen Einschnürungen entsprechen, schmiegt sich die Membran der Schläuche auch den letzteren an und zeigt daher in der Längsansicht einen geschweiften oder gezähnten Contour. (Taf. 1, Fig. 8.)

Was den Inhalt der Schläuche anbetrifft, so bildet derselbe eine vollkommen klare, homogene, ziemlich stark lichtbrechende Masse, welche nicht unerhebliche Mengen von Gerbsäure und einen gelben Farbstoff enthält; über Beides habe ich bei Besprechung der Knollenbehälter dieser Species nähere Mittheilung gemacht.

In jedem Gerbstoffidioblasten ist ein Kern nachweisbar.

Zur Feststellung eines wichtigen Punktes, nämlich der Entwickelungsgeschichte dieser Bildungen, wurden radiale Längsschnitte durch sehr junge Seitenwürzelchen studirt, die man ab und zu auf Längsschnitten der Adventivwurzeln erhält.

Es ergab sich, dass die Gerbstoffidioblasten schon in sehr frühen Stadien, nämlich schon zu einer Zeit angelegt werden, wo die Anlage des Seitenwürzelchens das Rindengewebe der Mutterwurzel noch nicht durchbrochen hat (Taf. 1, Fig. 4.) Die Idioblasten liegen als kleine Zellchen im Urmeristem des Periblems, besitzen hier bereits Gerbstoffgehalt und Gelbfärbung, sind aber in Form und Grösse den Zellen des in Rede stehenden Gewebes noch vollkommen gleich, oder doch nur ab und zu unbedeutend gestreckt.

Ich untersuchte nun etwas weiter vorgeschrittene Zustände, z. B. Würzelchen von etwa 1 Millim. Länge. In Taf. 1, Fig. 7 ist ein axiler Längsschnitt durch ein solches Stadium dargestellt. Man sieht, wie ziemlich dicht unter der Wurzelspitze (die hier nicht ausgeführt wurde) die Behälter noch etwa isodiametrisch, oder doch nur erst wenig gestreckt erscheinen, während die weiter zurückliegenden, also älteren, bereits deutliche Streckung und schwache Gestaltveränderung erfahren haben.

An Längsschnitten durch noch etwas ältere Zustände gewahrt man dann, dass, noch weiter entfernt vom Wurzelscheitel, die Streckung der Schläuche eine viel bedeutendere geworden ist. (Taf. 1, Fig. 5 und 8.)

Wir sehen also, dass die Gerbstoffbehälter bereits im Meristem der Wurzelspitze zur Veranlagung kommen und sich aus winzigen Kurzzellen zu relativ sehr bedeutend gestreckten Schläuchen entwickeln können. Eine Theilung der Idioblasten findet im Laufe der geschilderten Entwickelung niemals statt. Die Kernzahl scheint bei Eins stehen zu bleiben.

Die zahlreichen Adventivwurzeln, die zur Untersuchung kamen, liessen auch in ihren stärksten und ältesten Formen keinerlei secundären Dickenzuwachs erkennen, wahrscheinlich besitzen sie einen solchen überhaupt nicht[1]). Die Frage nach dem etwaigen Vorkommen von Gerbstoffschläuchen in durch secundäres Dickenwachsthum entstandenen Wurzelgeweben konnte daher an diesem Object überhaupt nicht geprüft werden und soll erst bei *Adlumia* zur Beantwortung gelangen.

C. pumila und *Halleri* besitzen gleichfalls Adventivwurzeln ohne secundären Dickenzuwachs. Die Untersuchung dieser Organe vermochte zu den für *C. cava* festgestellten entwickelungsgeschichtlichen und sonstigen Momenten keine neuen hinzuzubringen. Doch will ich nicht unerwähnt lassen, dass die

[1]) Damit würde die in De Bary's Anatomie angegebene geringe Zahl von Fällen eines Fehlens des Dickenwachsthum bei Adventivwurzeln (*Gunnera, Nymphaeaceen, Ficaria ranunculoides, Primula auricula*) um einen vermehrt werden.

Gerbstoffbehälter der Adventivwurzeln von *C. pumila* mir beinahe farblos entgegentraten, d. h. eine nur ganz schwache Gelbfärbung erkennen liessen.

2. Adlumia cirrhosa.

(Taf. 2. Fig. 1—6.)

Die Pflanze besitzt eine sich reich verzweigende Hauptwurzel. Um ein möglichst vollständiges Bild von dem Vorkommen, der Vertheilung, der Form und Grösse, sowie der Entwickelungsgeschichte der Gerbstoffbehälter zu erhalten, hat man sowohl junge Theile, die noch keinen secundären Dickenzuwachs besitzen, zu prüfen, als auch ältere Zustände, die bereits in das Stadium der secundären Dickenzunahme eingetreten sind.

Untersuchen wir also zunächst Quer- und Längsschnitte ganz junger Wurzeln.

Wenn man den rein optischen Weg wählt, wird man auch nicht eine Andeutung von der Existenz irgendwelcher besonderer Behälter finden. Das liegt im Wesentlichen daran, dass — im Gegensatz zu *Corydalis cava* — den Gerbstoffschläuchen die Tinction fehlt; aber auch sonst bieten Inhalt und Membran nichts Charakteristisches.

Nimmt man aber die bei Besprechung der *Corydalis*-Knollen (pag. 14) angeführten Gerbstoff-Reagentien in Gebrauch, so treten die Behälter scharf aus dem Gewebe hervor, und man überzeugt sich von ihrem nicht unbeträchtlichen Gerbstoffgehalt.

Wir haben es hier also mit vollkommen ungefärbten, leicht zu übersehenden Gerbstoff-idioblasten zu thun.

Querschnitte durch die junge Wurzel (Taf. 2. Fig. 1) lehren, dass die Behälter auch hier ausschliesslich auf die primäre Rinde beschränkt sind. Zwar kommt es hie und da vor, dass die Schutzscheide Zellen mit gebräuntem Inhalt zeigt, allein das sind nicht eigentliche Gerbstoffbehälter, sondern abnorme oder gar todte Zellen, welche sich in abnorm gewordenen (z. B. mehrere Tage im feuchten Raume gehaltenen) Wurzeln finden können.

Im Rindengewebe liegen die Gerbstoffschläuche, zu wenigen oder zu vielen unregelmässig verstreut, bisweilen zu 2 bis 4 dicht neben einander.

Tangentiale Längsschnitte (Taf. 2, Fig. 3, 4) bekunden, dass die Gerbstoffbehälter eine Tendenz zur Bildung continuirlicher gerader Längsreihen zeigen, im Gegensatz zu *Corydalis cava*, *pumila* und *Halleri*. Man sieht sie zu 2—12 und mehr über einander gestellt. (Taf. 2, Fig. 3 u. 4.) Hin und wieder kommen indessen auch isolirte vor. (Taf. 2, Fig. 4.)

Jene Reihenbildung verdient eine gewisse Beachtung, da sie an die Milchsaft- resp. Farbstoff-behälter gewisser *Papaveraceen* erinnert. Die Reihenbildung findet schon im Urmeristem des Wurzel-scheitels statt, was ich hier nicht durch eine besondere Zeichnung veranschaulichen will, da ich eine solche für *Diclytra spectabilis* (siehe weiter unten und Taf. 3, Fig. 15) gegeben habe.

Form und Dimensionen der Schläuche können gewissen Schwankungen unterliegen. Bald erscheinen dieselben fast isodiametrisch, bald mehr oder minder stark gestreckt (Taf. 2, Fig. 3 u. 4) und die am stärksten gestreckten pflegen zugleich den kleinsten Querdurchmesser zu besitzen. Im Allgemeinen weist *Adlumia cirrhosa* in den jungen Wurzeln kürzere Schlauchformen auf, als *Corydalis cava*, *pumila* und *Halleri*.

Sobald das secundäre Dickenwachsthum der Wurzeln anhebt, machen sich auch neu hinzutretende Verhältnisse bezüglich der Gerbstoffbehälter bemerkbar.

Erstens erfährt ihre Zahl eine Vermehrung, insofern als nun im Centralcylinder neue (secundäre) Schläuche auftreten. (Taf. 2, Fig. 2 s.)

Zweitens vergrössern sich die rindenständigen Schläuche nicht unerheblich, namentlich in tangentialer Richtung (Taf. 2, Fig. 2 pr. J.), da die Vergrösserung des Centralcylinders eine tangentiale Weitung aller Rindenelemente zur Folge haben muss. Man kann sich von dieser Vergrösserung der Rindenbehälter schon überzeugen, wenn man den Querschnitt eines nur 1 Millim. dicken (Taf 2, Fig. 1) mit dem eines etwa 2 Mill. dicken Würzelchens (Fig. 2), bei der nämlichen Vergrösserung vergleicht, und ein Gleiches gilt von den Tangentialschnitten. (Fig. 3, 4 u. Fig. 5.)

Um die Vertheilung der im Centralcylinder, also secundär entstehenden Schläuche beurtheilen zu können, ist eine Skizze vom Bau desselben nöthig: Wie bei *Corydalis* enthält der Centralcylinder regelmässig 2 diametral-diarche Gefässplatten (Taf. 2, Fig. 2 G. G.), die in der Mitte zusammenstossen. Vor der Kante einer jeden Gefässplatte tritt ein sehr breiter Hauptmarkstrahl auf, während an den Flanken derselben sich je ein Hauptgefässbündel entwickelt. (Taf. 2, Fig. 2 H.)

Die Gerbstoffbehälter werden nun sowohl in den beiden Hauptmarkstrahlen, als auch in und vor dem Basttheile der beiden Hauptgefässbündel gefunden und vom Cambium (Fig. 2, C.) beständig neue erzeugt. Dies tritt namentlich auf radialen Längsschnitten deutlich hervor (Taf. 2, Fig. 6). Hier gewahrt man, wie zwischen den jungen, an das Cambium (C) unmittelbar angrenzenden, noch Gestalt und Dimensionen der cambialen Zellen zeigenden Gerbstoffschläuchen (J^1) und alten, die vom Cambium weiter entfernt liegen und bereits dick und plump erscheinen, alle Uebergänge vorhanden sind (J^2). Ein Gleiches gilt für die Behälter der beiden grossen Hauptmarkstrahlen.

Mit dem cambialen Ursprunge hängt die Anordnung der Schläuche in Radialreihen zusammen. (Taf. 2, Fig. 6.) Verticalreihen, wie in der Rinde, kommen im Centralcylinder nicht zu Stande.

In keinem der verschiedenen Altersstadien dieser secundären Schläuche weist der Inhalt eine Pigmentirung oder eine sonstige eigenthümliche Beschaffenheit auf, welche eine Unterscheidung der Behälter von den Zellen der Umgebung auch ohne Reagentien ermöglichen könnte. (Die Behälter der Abbildungen zeigen gebräunten Inhalt, weil sie nach Chromsäure-Präparaten gezeichnet sind).

Auch die Membran bietet nichts Eigenthümliches. Sie ist eben so zierlich gestreift (scheinbare Doppelstreifung) wie die umgebenden Elemente (Taf. 2, Fig. 6). (Streifung der Zellmembranen findet sich nebenbei bemerkt auch an den Zellen der Rinde und der Schutzscheide.)

Bei einem Ueberblick über das Vorstehende entnehmen wir als Hauptsache, dass *Adlumia cirrhosa* in den Wurzeln besitzt: 1) primäre, im Periplem der Wurzelspitze entstehende farblose Gerbstoffschläuche, welche der Regel nach zu 2 bis vielen in continuirliche Verticalreihen vereinigt sind, 2) secundäre, im Cambium entstehende, gleichfalls pigmentfreie Gerbstoffschläuche, welche in der Regel isolirt (nicht zu continuirlichen Längsreihen verbunden) auftreten.

Mit zunehmendem Alter obliteriren die Zellschichten der primären Wurzelrinde von aussen nach innen allmählich, bis schliesslich ein vollständiges Schwinden derselben eintritt. Für die bei diesem Processe mit obliterirenden primären Schläuche wird durch die beständige Neubildung secundärer Gerbstoffzellen vom Cambium her reicher Ersatz geschaffen.

Am Schlusse dieser Angaben möchte ich die Beobachtung nicht unerwähnt lassen, dass in den Gerbstoffbehältern der primären Rinde bisweilen eine Längstheilung aufzutreten und der Gerbstoffinhalt sich in die eine der beiden Tochterzellen zurückzuziehen scheint (Taf. 2. Fig. 5a).

3. Corydalis lutea.

Sie ist mit einer reich verzweigten Hauptwurzel versehen, die im Wesentlichen den für *Adlumia cirrhosa* skizzirten Bau zeigt. Auch hier kommen primäre (der primären Rinde angehörige) und secundäre (vom Cambium gebildete) Gerbstoffbehälter vor. In ihrer Form mit den *Adlumia*-Schläuchen übereinstimmend, ist auch ihre Anordnung dieselbe[1]). Ein Unterschied zwischen Beiden aber besteht darin, dass die Behälter von *Corydalis lutea* mit einem diluirt-schwefelgelben, in der primären Rinde sogar bis leuchtend gummiguttgelb werdenden Farbstoffe tingirt sind.

Für die in Rede stehenden Wurzeln habe ich eine Frage geprüft, die ich wegen Mangels an älterem Material an *Adlumia cirrhosa* nicht lösen konnte: ob nämlich vom Cambium auch nach der Holzseite zu Gerbstoffbehälter producirt werden könnten. Das Ergebniss bejaht diese Frage. Holzparenchym, sowie primäre und secundäre Markstrahlen 5 Millim. dicker Wurzeln wiesen die Behälter in grösserer Anzahl auf.

In älteren Wurzeln trifft man, und zwar im Holzkörper, häufig cambiale Neubildungen an, welche nach aussen wie nach innen hin gleichfalls Gerbstoffbehälter bilden.[2])

4. Diclytra spectabilis.

Hier finden wir eine Pfahlwurzel, die sammt ihren spärlichen Aesten dick und fleischig wird, den verdickten Wurzeln von *Dahlia* nicht unähnlich.

In den jüngsten wie in den älteren Wurzeln zeigen die Gerbstoffbehälter im Wesentlichen alle Eigenschaften derer von *Adlumia*.

Eine Betrachtung von Bildern, wie sie Tafel 2, Fig. 3—5 darstellen, regt zu der Frage an, ob etwa die Schlauchreihen von je einer einzigen Zelle ihren Ursprung herleiten, also durch spätere Fächerung je eines einzigen ursprünglichen Schlauches entstanden sind (wie man auf den ersten Blick glauben möchte), oder ob die Schläuche gleich von vornherein in etagenartiger Uebereinanderlagerung veranlagt werden.

An den jüngsten Entwickelungsstadien von Nebenwürzelchen lässt sich nun zeigen, dass die Reihenbildung schon in dem jüngsten Gewebe erfolgt, und dass später nur noch eine Streckung und Weitung der einzelnen Zellen der Reihe stattfindet, nicht aber eine Quertheilung derselben.

Zur Veranschaulichung dessen kann Taf. 3, Fig. 16 dienen, welche ein noch sehr junges Seiten-Würzelchen, das eben erst sein Mutterwürzelchen durchbrochen hatte, im radialen Längsschnitt darstellt. Die isolirten wie die reihigen Schläuche sind beide schon in dem meristematischen Gewebe vorhanden. Bei a und b sind 2gliedrige, bei c, d und e 3gliedrige, bei f 4gliedrige Reihen zu sehen. Auf

---

[1]) Doch habe ich auch ausnahmsweise innerhalb der Schutzscheide gelegene, ihr dicht angelagerte Gerbstoffschläuche in Längsreihen angetroffen.

[2]) Diese cambialen Neubildungen finden nach meinen Beobachtungen in Folge äusserer natürlicher Verletzungen (Längsrissbildungen) der Wurzel statt.

anderen Längsschnitten fand ich noch höhere Zahlen. Irgend ein Anhalt, dass die isolirten oder die reihenbildenden Zellen nachträglich — im älteren Gewebe — noch Quertheilungen erhalten könnten, lässt sich nicht auffinden, und ich glaube daher bestimmt annehmen zu dürfen, dass dieser Process nicht stattfindet.

Beim secundären Dickenzuwachs erfolgt die Bildung zahlreicher secundärer Gerbstoffschläuche sowohl nach dem Bast, als nach dem Holze zu, und eine alte, fingerdicke Wurzel enthält, namentlich im Holztheile (Holzparenchym und Markstrahlen), sehr zahlreiche Schläuche in kurzen dicken Formen.

Da sie, wie in der jungen Rinde, vollkommen farblos sind, so würden sie in dem stärkereichen Gewebe nicht leicht bemerkt werden, wenn sie nicht ausgezeichnet wären dadurch, dass sich im lebenden Inhalte meistens ein bis zwei, selten mehrere grosse, stark lichtbrechende und farblose Tropfen fänden. Mit Kaliumbichromat nehmen letztere schmutzig-rothbraune Färbung an und erscheinen wie gekörnt. Bei längerer Einwirkung werden sie blasser und blasser und schliesslich sieht man an ihrer Stelle nur eine zarte farblose Haut. Goldchloridnatrium wirkt ähnlich, aber schneller, in den Zellen schlagen sich braungraue Körnchen nieder und die Tropfen werden gleichfalls graubraun bis fast schwärzlich. In mit Schwefelsäure angesäuertem Wasser erhält der Tropfen schaumiges, vacuoliges Ansehen, dann stellt er eine dickhäutige Hohlkugel dar; die Haut schmilzt sodann bald zu einem Tropfen zusammen, der endlich sich völlig auflöst.

Wir haben es hiernach mit „Gerbstoffkugeln“[1]) zu thun, die eine Niederschlagsmembran besitzen. Uebrigens hat mir keine andere Fumariacee in irgend einem Organe solche Kugeln gezeigt.

5. Corydalis ochroleuca.

Wenn ich die Besprechung der Wurzel vorliegender Species anstatt sie an andere Corydalis-Arten anzuschliessen, hier ans Ende setze, so geschieht dies aus dem Grunde, weil die Wurzeln vorliegender Art eine ganz besondere, bei keiner andern der untersuchten Fumariaceen vorkommende Eigenthümlichkeit zeigen.

Dieselbe besteht darin, dass die primäre Rinde Gerbstoffidioblasten mit sclerotisch verdickten Wandungen besitzt.

Solche verdickten Zellen besitzen im Ganzen eine ähnliche Gestalt wie die Schläuche in der Wurzelrinde von Corydalis cava. Sie treten sowohl in gestreckten Formen als in ziemlich kurzen auf (Taf. 3, Fig. 7—10). Bei stark gestreckten Exemplaren kann man nicht selten eine Länge von 2 Millim. constatiren, während kurze oft nur eine Länge von $^1/_6$ Millim. und noch darunter haben. Zwischen beiden Extremen existiren selbstverständlich Uebergänge: Infolge starker Zuspitzung an den Enden erhalten die längsten Formen etwas Bastfaserähnliches (Taf. 3, Fig. 7); die kürzesten erscheinen dagegen durchweg prismatisch, dem Charakter des umgebenden Parenchyms entsprechend (Taf. 3, Fig. 10); die mittellangen vermitteln zwischen beiden Formen, indem ihre Enden nur geringe Verschmälerung zeigen und abgestutzt sind (Taf. 3, Fig. 8), oder das eine Ende breit, das andere verschmälert erscheint (Taf. 3, Fig. 9).

[1]) Vergleiche: Pfeffer, Physiologische Untersuchungen. Leipzig 1873, p. 12. Nägeli und Schwendener, das Mikroscop, 1877 p. 491.

Meist liegen die Idioblasten im Parenchym zerstreut, doch habe ich sie auch zu 2 bis mehreren in Längsreihen angetroffen (Taf. 3, Fig. 8).

In der Wurzel sowohl, als im hypocotylen Glied liegen die sclerenchymatischen Gerbstoffzellen, auf dem Querschnitt betrachtet, im Allgemeinen in der mittleren Region der Rinde, einen durchbrochenen Ring bildend (Taf. 3, Fig. 13); einzelne treten aber auch bisweilen bis an die Schutzscheide heran.

Die oft beträchtlich verdickte und dann gelblich gefärbte Membran zeigt Porenkanäle (Taf. 3, Fig. 7—11). Ausser verdickten Idioblasten findet man übrigens auch zahlreiche zartwandige, welche besonders der Epidermis angelagert, hie und da auch in den weiter innenwärts gelegenen Zellschichten der Rinde zu finden sind. Die Färbung des Gerbstoffinhalts ist in der Wurzel gelb; im hypocotylen Glied tritt allmähliche Umfärbung ins schmutzig Orangerothe bis Blutrothe ein. (Auf Querschnitten schön zu beobachten.) (Taf. 3, Fig. 13.)

Quer- und Längsschnitte durch Wurzel und hypocotyles Glied schon kräftigerer Keimpflanzen zeigen in Bast und Markstrahlen secundäre Gerbstoffidioblasten von gelbem Inhalt (Taf. 3, Fig. 13) und von der für *Corydalis lutea* und *Adlumia cirrhosa* beschriebenen Form. Ihre Membran erfährt auch im Alter der Wurzel keinerlei Verdickung, im Bast ist sie gestreift, wie das auch bei den übrigen Bastelementen der Fall ist.

In Anbetracht des Umstandes, dass die primäre Rinde, von einem gewissen Altersstadium ab, obliterirt, ist es erklärlich, dass man in älteren Wurzeln weder verdickte noch unverdickte primäre Gerbstoffidioblasten vorfindet.

Vergleicht man die Abbildungen und Beschreibung Dippels[1]), sowie auch die Bemerkungen De Bary's [2]) über die gerbstofführenden Schläuche der *Sambucus*-Arten, so wird man nicht verkennen können, dass diese Bildungen mit den Schläuchen vorliegender *Corydalis* die grösste Aehnlichkeit haben, sowohl bezüglich der Form, als auch des Baues.

6. **Fumaria muralis** Sonder. (?)

Ich traf die Pflanze im hiesigen botanischen Garten an, wo sie sich als Unkraut auf mehreren Beeten entwickelt hatte. Sie ist hier im Garten niemals angebaut worden und scheint, nach der geringen Anzahl von Exemplaren zu schliessen, erst in vorigem Jahre hineingekommen zu sein. Eines der wenigen mir vorgelegenen Exemplare mass mit der Wurzel 1 Meter in der Höhe und bildete einen förmlichen Busch. (Dass ich die Sonder'sche Pflanze vor mir hatte, scheint daraus hervorzugehen, dass die reifen kurzeiförmigen oder birnförmigen, seitlich kaum zusammengedrückten Schötchen ganz glatt erscheinen, die Fruchtstielchen sich nicht zurückkrümmen, die eiförmigen, gezähnten Kelchblätter gegen die etwa 6 Mill. lange, purpurrothe, an der Spitze schwärzlich violette oder violettbraune Blumenkrone an Länge sehr zurückstehen (nur etwa 2 Mill. messen).[3])

Die hier zunächst allein in Betracht kommende Hauptwurzel zeigt kräftige Entwickelung; ein mir vorliegendes Exemplar mass im stärksten Theil 1 Centimeter.

---

[1]) Die milchführenden Zellen der Hollunderarten. Nat.-Verein der preuss. Rheinlande und Westphalen. Bd. 22. Taf. 1.

[2]) Anatomie p. 155.

[3]) Mit der Diagnose in Garcke's Flora stimmen die Merkmale also vollständig überein.

Junge Hauptwurzeln zeigen in der Rinde farblose oder sehr schwach gelblich gefärbte Idioblasten, die meist den Charakter gestreckter Parenchymzellen haben. Sie scheinen sehr zerstreut aufzutreten und erhalten keine besondere Membranverdickung, wahrscheinlich weil die primäre Rinde zu frühzeitig obliterirt.

Im Centralcylinder sind die Idioblasten in der bekannten Form und mit schwach oder deutlich gelblichem oder farblosem Inhalt versehen reichlich vorhanden.

Im hypocotylen Glied, soweit es sich über dem Boden befindet und dem Licht zugänglich ist, kommen in der Rinde zahlreiche, blutrothen Farbstoff führende, mit Chlorophyll versehene Anthocyanzellen vor, die auf dem Querschnitt unmittelbar der Epidermis angelagert erscheinen, meistens eine continuirliche oder auch unterbrochene, eine Zellreihe dicke Schicht bilden und die Form der Rindenzellen haben. Weiter nach innen finden sich dann in der primären Rinde noch Gerbstoffidioblasten, welche bald schmale, bald weite, z. Th. kurze, z. Th. beträchtlich verlängerte (bis über 1 Mill. lange) roth oder gelblich gefärbte, z. Th. farblose Schläuche darstellen und mehr oder weniger verdickte poröse Wandungen von oft auffällig geschweiftem Ansehen (Längsschnitt) besitzen, im Ganzen also die Beschaffenheit der Idioblasten in der Wurzel von *Corydalis ochroleuca* zeigen.

7. Fumaria officinalis.

Das $^1/_2$ Mill. dicke Würzelchen der Keimpflanze enthält in der primären Rinde mehr oder minder stark gestreckte Gerbstoffschläuche mit vollkommen farblosem Inhalt. In älteren Würzelchen findet man sie auch im Centralcylinder von der bekannten Form und mit farblosem Inhalt versehen.

Im hypocotylen Glied, sofern es geröthet ist, liegen dicht unter der Epidermis rothe, chlorophyllhaltige Anthocyanzellen. Sie sind es, die die Rothfärbung hauptsächlich bedingen. Aber es giebt daneben auch mehr oder minder stark gestreckte, zerstreute Idioblasten mit rothem Inhalt in der primären Rinde. Im Centralcylinder sind die Idioblasten, die hier natürlich auch wieder cambiogen entstehen und dem Bast angehören, gleichfalls roth tingirt, am stärksten in den äusseren Partieen (in der Nähe der Schutzscheide); von hier aus nach innen nimmt die Intensität dieser Färbung ab und erlischt in den dem Centrum am nächsten gelegenen Idioblasten ganz.

An älteren Wurzeln und ihren hypocotylen Gliedern überzeugt man sich leicht, dass die Idioblasten vom Cambium aus auch nach innen, dem Holzkörper zu, und besonders auch in den secundären Markstrahlen gebildet werden.

B. Caulome.

a. Rhizome.

1. Corydalis cava.

Bekanntlich stellt das Rhizom von *Corydalis cava* einen relativ ansehnlichen, oft bis 1 Decim. im Durchmesser haltenden birn- oder kartoffelförmigen Körper dar, welcher anfangs solid, später eine grosse centrale Höhlung aufweist, die wahrscheinlich ursprünglich durch Zerreissung des Markes zustande kommt, später durch Absterben der angrenzenden, zunächst verkorkenden Gewebstheile vergrössert wird.

Durch die Gelbfärbung des nur von einer dicken Korkschicht überzogenen fleischigen Gewebes (Taf. 1, Fig. 1) wird bereits eine Andeutung gegeben, dass auch das Rhizom die gelben Gerbstoffbehälter enthalten möge, wie sie sich in der Wurzel finden und diese Vermuthung bestätigt sich denn auch sofort bei näherer Untersuchung.

Unter dem gesammelten Knollenmaterial fand ich ein Exemplar, das zwei Seitensprosse in Form von jungen Knöllchen entwickelt hatte (Taf. 1, Fig. 3 a, b). Macht man durch ein solches Tochterknöllchen Schnitte, so sieht man, dass es noch ganz solid ist.

Auf dem Querschnitt (Taf. 1, Fig. 9) bemerkt man zahlreiche gelbe Gerbstoffbehälter. Sie liegen in allen parenchymatischen Geweben verstreut, also in der primären und secundären Rinde, im Mark, in den breiten Markstrahlen und im Holzparenchym.

Der radiale Längsschnitt (Taf. 1, Fig. 10) zeigt im Wesentlichen das Nämliche, und man überzeugt sich an beiderlei Schnitten, dass die gelben Gerbstoffidioblasten im Allgemeinen Form und Grösse der im Ganzen isodiametrischen Zellen des Parenchyms besitzen, in diesem Punkte also von den Gerbstoffidioblasten der Wurzeln abweichen.

Schnitte durch ältere bereits mit Höhlung versehene Rhizome lehren, dass die Gerbstoffbehälter jene Gestalt auch in späteren Stadien beibehalten (Taf. 1, Fig. 11), was wohl von vornherein zu erwarten ist, insofern im Rhizom das Längenwachsthum der Elemente zurücktritt. In dem kleinzelligen Gewebe des Holzparenchyms haben auch die gelben Zellen geringeren Durchmesser, während letztere in den Markstrahlen, die aus voluminöseren Zellen bestehen, auch entsprechend grösseres Volumen zeigen.

Vom Cambium her werden sowohl nach aussen, als nach innen beständig neue, secundäre Gerbstoffidioblasten in relativ grosser Zahl erzeugt, so dass eine ältere Knolle äusserst reich an diesen Gebilden ist, wie jedes Fragmentchen eines Quer- oder Längsschnittes zeigt (Taf. 1, Fig. 11). In manchen Knollen sind die Behälter nicht gleich intensiv gelb gefärbt, ja einzelne oder auch viele der Idioblasten zeigen höchst schwache oder auch gar keine Tinction. Sie sind daher nur mit den bekannten Gerbstoffreactionen deutlich zu machen, aber nichts weniger als gerbstoffarm.

Wie und wo die in der primären Rinde vorkommenden Idioblasten entstehen, konnte ich leider nicht ermitteln, da es mir bisher nicht gelang, die Corydalis-Samen zur Keimung zu bringen und so die erste Entstehung der Knolle zu verfolgen.

Bemerkenswerth erscheint der Umstand, dass in den jungen Tochterknöllchen, sowie in denjenigen Theilen alter Knollen, welche dicht unter der Knospe liegen (im Herbst), der Inhalt der Idioblasten höchst intensiv gummiguttgelb gefärbt erscheint, während er in anderen Regionen der Knolle minder intensiv, ja schwach auftritt. Auch in der Knospe selbst ist er leuchtend gelb tingirt. Es scheint hiernach, als ob in Neubildungen an der Knolle und in den Gewebs-Regionen, welche den Neubildungen am nächsten liegen, der gelbe Inhalt in besonders reichlichen Mengen producirt wird. Vielleicht hat er für die Neubildung von Organen eine gewisse Bedeutung.

Wenn im Alter des Rhizoms die peripherischen Rindenzellen verkorken und schliesslich abgeschülfert werden, erleiden natürlich die in dieser Region liegenden gelben Zellen dasselbe Schicksal.

Nach dem Mark zu tritt eine noch viel weiter in's Gewebe eingreifende Verkorkung auf, zu der sich Zerreissung und Abstossung der verkorkten Schichten hinzugesellen, wobei natürlich die auch hier zahlreich vorhandenen gelben Zellen mit entfernt werden.

Durch Auskochen mit Wasser sowohl, als durch Extraction mit Alcohol kann man aus den gelben Knollen leicht grössere Quantitäten des in den Idioblasten vorhandenen gelben Inhalts in Form einer gelben Lösung erhalten. Es mögen hier einige Reactionen folgen, soweit ich sie als Nichtchemiker anstellen konnte.

Der wässrige (filtrirte) Auszug reagirt deutlich sauer. Er gibt, mit Säuren wie Salpetersäure, Schwefelsäure, Salzsäure, Essigsäure behandelt, keine Niederschläge. Nach Zufügung von Salpetersäure entsteht eine bei durchfallendem Licht prächtig blutroth gefärbte Lösung, wogegen mit concentrirter Schwefelsäure, concentrirter Salzsäure und Essigsäure keine wesentliche Veränderung in der Färbung erzielt werden konnte.

Zusatz von Alkalien ruft dagegen Niederschläge hervor. Bei Behandlung mit kohlensaurem Ammoniak bleibt auf dem Filter ein schmutzig-weisslicher, zusammenziehend und wie es mir schien bitter schmeckender Niederschlag, während das Filtrat schön olivengrün erscheint. Aehnlich verhält es sich bei Zusatz von Ammoniak oder Aetzkali, nur ist hier das Filtrat mehr olivenbräunlich (Amm.) resp. goldgelb (Aetzkali).

Jene Säuren und Alkalien gaben bei der mikrochemischen Anwendung auf die lebenden Idioblasten der Corydalis-Knolle mit einer sogleich zu erwähnenden Ausnahme im Wesentlichen dieselben Resultate. Als Untersuchungsobject wurden Schnitte aus derjenigen Gewebsregion gemacht, welche in der Nähe der Herbstknospe liegen. Hier zeigen die Idioblasten ganz besonders intensive, nämlich leuchtend gummiguttgelbe Tinction.

Unmittelbar mit Salpetersäure zusammengebracht, nahmen die Behälter der nicht allzu dicken Schnitte augenblicklich eine schön orangerothe Farbe an, die sofort in ein leuchtendes Rothbraun überging. Dabei fand gewöhnlich Bildung von grossen, glänzend-rothbraunen bis blutrothen Tropfen statt (die sich später auflösten).

Uebrigens macht sich die Reaction auch schon makroscopisch sehr deutlich an den Schnitten, denn dieselben werden rothbraun.

Minder schnell und prächtig verläuft die Reaction mit concentrirter Schwefelsäure. An Stellen der Schnitte, wo die Wirkung nicht allzu energisch erfolgt (also das Gewebe nicht sofort gänzlich zerstört wird), tritt eine deutliche Umfärbung des gelben Inhalts ein, zunächst in ein etwas dunkleres, stumpfes

Gelb, dann allmählich in ein schmutziges, schwaches Orangeroth, das nach und nach erst etwas intensiver wird, um schliesslich in's Fleischrothe bis schön Rosenrothe überzugehen. Wirft man Stückchen der frischen Knolle in Schwefelsäure, so werden die letzteren sowohl, als die Schwefelsäure selbst intensiv rothbraun resp. blutroth gefärbt. Hier ist also eine deutliche Rothfärbung auch mit Schwefelsäure zu erzielen, während diese Reaction an dem durch Kochen mit Wasser erhaltenen Auszug, wie wir sahen, nicht eintritt.

Was nun die mikrochemische Reaction jener Alkalien anbetrifft, so ist diese dieselbe wie bei dem wässrigen Auszug, denn einerseits wird die gelbe Farbe in's Grünliche verwandelt (Ammoniak, kohlensaures Ammoniak) oder bleibt gelb (Aetzkali), andererseits bildet sich ein Niederschlag von feinen Körnchen, die aber, weil sie stark lichtbrechend sind, mit dunklem Contour versehen, daher nicht, wie auf dem Filter, weisslich, sondern dunkel erscheinen.

Behandelt man den wässrigen Extract der Knollen mit Kaliumbichromat, so bildet sich ein dicker, schmutzig-bräunlicher, gewaschen und getrocknet graubräunlich bis schmutzig grünbräunlich erscheinender Niederschlag, während das Filtrat dunkelrothbraun gefärbt ist. Auch in den lebenden Idioblasten wird ein schmutzig-bräunlicher Niederschlag gebildet.

Mit Millons Reagens erhält man einen schmutzig-rothbraunen, getrocknet umbrafarbigen Niederschlag und schön rothes Filtrat. Wirft man Schnitte frischer Knollen in das Reagens, so werden dieselben rothbraun, das Reagens weinroth.

In den Idioblasten solcher Schnitte bemerkt man gleichfalls einen schmutzig-bräunlichen, dichten Niederschlag. Jodjodkalium gibt im Auszug sowohl, als in den lebenden Idioblasten einen äusserst reichen, rothbraunen, getrocknet sepiafarbenen Niederschlag; das Filtrat ist dunkel weinroth. Chromsäurelösung ruft einen schmutzig-gelbrothen oder gelbbraunen, getrocknet siennafarbigen Niederschlag hervor, das Filtrat erscheint weinroth. Der Niederschlag in den Zellen ist gelbbraun.

Mit Ueberosmiumsäure wird der wässrige Auszug erst olivengrün, dann braun und man erhält einen schmutzig-chocoladenbraunen, getrocknet etwas helleren Niederschlag. Das Filtrat ist gelbbraun, bei auffallendem Licht fast schwarz.

Die mikrochemische Reaction schliesst sich der makrochemischen an, nur sind die Umfärbungsstadien viel prägnanter. Zuerst werden die gelben Idioblasten heller, dann dunkler olivengrün, dann tritt ein schönes Gelbbraun, später ein schönes Rothbraun, endlich ein brauner Niederschlag in bräunlicher Lösung auf, der sehr dicht wird. Bei schwacher Vergrösserung erscheinen die Behälter schwarz und treten scharf hervor. Betrachtet man grössere Schnitte mit der Lupe, so erscheinen sie wie von zahllosen schwarzen Pünktchen durchsetzt.

Verdünntes Eisenchlorid oder Eisenvitriol gibt einen schmutzig-braunen Niederschlag (getrocknet grau oder graubräunlich). Das Filtrat ist olivengrün. In den Idioblasten wird die gelbe Tinction in Olivengrün umgewandelt. Erst nach längerer Zeit oder nach Erwärmen erhält man eine Fällung (braun). Auch andere Metalloxyde und Metallsalze ergeben Niederschläge.

Aus allen den angeführten makro- und mikrochemischen Reactionen lässt sich wohl mit ziemlicher Sicherheit entnehmen, dass in dem gelben Inhalt der Idioblasten von *Corydalis cava*-Knollen vorhanden ist: einerseits Gerbsäure, andererseits ein gelber Farbstoff. Die Gerbsäure ist bei jenen Reactionen im Niederschlag vorhanden, der gelbe Farbstoff bleibt in Lösung. Er wird von Alkalien in gelb-

resp. olivengrün- oder olivenbräunlich-gefärbte, von Kaliumbichromat, salpetersaurem Quecksilberoxydul, Jodjodkaliumlösung, Chromsäure etc. in rothgefärbte Verbindungen übergeführt. Die Eisenoxydsalze dagegen verwandeln den gelben Farbstoff in einen olivengrünen Körper, Osmiumsäure in Braun.

Durch schwefelige Säure lässt sich der gelbe Farbstoff in den lebenden Idioblasten vollständig entfärben.

Da bei Behandlung mit Alkalien, Eisenchlorid und Osmiumsäure unter dem Mikroscop die Umfärbung des gelben Farbstoffes früher eintritt, als der Niederschlag der Gerbsäure, so muss der gelbe Farbstoff empfindlicher gegen Alkalien etc. sein, als die letztere.

Ich habe oben gezeigt, dass der gelbe wässrige Extract der Corydalis-Knollen, sowie der gelbe Inhalt der Behälter durch Salpetersäure prächtig dunkelroth gefärbt wird, und dass auch mit Schwefelsäure, zwar nicht in dem durch Auskochen gewonnenen wässrigen Auszug, aber doch in den Idioblasten eine rosenrothe Färbung erzielt wurde. Da sich nun bei dieser Reaction alle Uebergänge vom Gelb zum Roth (siehe oben) nachweisen liessen, so liegt die Vermuthung nahe, dass es der gelbe Farbstoff ist, der durch jene Säuren zu dem rothen Körper umgewandelt wird.

Der gelbe Farbstoff in den Wurzeln der in Rede stehenden Pflanze ist derselbe, wie in den Knollen; auch in der Herbstknospe, sowie in den oberirdischen Organen kommt er vor und ich werde an späterer Stelle zeigen, dass er hier sich umwandeln kann in rothes Anthocyan, also die Vorstufe desselben bildet.

2. Corydalis pumila.

Der Bau des im Gegensatz zu *Corydalis cava* in Form einer soliden Knolle ausgebildeten Wurzelstockes, Taf. 1, Fig. 19, 20, der übrigens nur geringe Dimensionen aufweist (bei älteren Exemplaren gewöhnlich nur 10—15 Millim., bei einjährigen etwa 2—3 Millim. im Durchmesser hält), stellt sich, soweit er für die Vertheilung der Gerbstoffbehälter in Betracht kommt, in Kürze folgendermassen dar:

Auf dem Querschnitt (Taf. 1, Fig. 20) hebt sich ein das Centrum einnehmender dunkler Kreis von relativ geringem Durchmesser hervor, der den vorzugsweise aus Holzparenchym mit eingestreuten Gefässgruppen resp. Einzelgefässen und Markstrahlen bestehenden, vom Cambium umgebenden Holzcylinder darstellt. Ein dem radialen Längsschnitt durch die Knolle entsprechendes Bild ist in Taf. 1, Fig. 22 gegeben. Nach aussen schliesst sich die relativ massig entwickelte, als Speicherorgan für Stärke dienende secundäre Rinde an, die auf dem Quer-, wie auf dem radialen Längsschnitt (Fig. 22) radial angeordnete Zellreihen erkennen lässt.[1]) Sodann folgt die primäre Rinde, die aus tangential etwas gestreckten Zellen besteht und in ihrer peripherischen Zone gelbe Färbung trägt. Umhüllt wird diese Zone endlich von einer bräunlichen, leicht ablösbaren, nicht aus tafelförmigen Korkzellen, sondern gewöhnlichen, etwas verkorkten, polyedrischen Rindenzellen gebildeten Korkschicht. (Taf. 1, Fig. 22 k.)

Als Sitz der Gerbstoffidioblasten kommt nun in erster Linie die äussere unter der Korkhülle liegende gelbe Zone der primären Rinde in Betracht, welche relativ grosse und zahlreiche, intensiv gelbe Gerbstoffzellen enthält, die die polyedrische Form der Rindenzellen besitzen, aber von etwas grösserem Volumen sind.

[1]) Die Bastgruppen, welche sehr klein sind und aus Weichbast und zwar nur aus Cambiform bestehen, erscheinen zerstreut und von grosser Zartheit. Sie sind zwischen dem stärkereichen Parenchym leicht zu übersehen und schwierig nachzuweisen.

In der dicken, durch reichen Stärkegehalt ausgezeichneten secundären Rinde sind die Gerbstoffidioblasten, wie man sowohl auf Querschnitten als Längsschnitten bemerkt, nicht gerade spärlich, aber nicht immer deutlich gelb, im Uebrigen von der Form der umgebenden Elemente. Vom Cambium her werden beständig neue erzeugt (Taf. 1, Fig. 23).

Was endlich den Holzkörper betrifft, so fehlen auch hier die gelben Zellen nicht. Sie liegen z. Th. in dem Holzparenchym, z. Th. in den Markstrahlen und haben im Wesentlichen Form und Grösse der Zellen ihrer Umgebung (ähnlich wie bei *C. cava*). Wie man auf dem radialen Längsschnitt (Taf. 1, Fig. 22), sowie auf successiven Querschnitten constatirt, erscheinen sie im obersten und untersten Theile des Holzkörpers am zahlreichsten und verleihen hier dem Gewebe entschiedene Gelbfärbung.[1])

3. Corydalis Halleri.

Der Bau des soliden Rhizoms ist im Wesentlichen derselbe, wie bei der vorigen Species (Taf. 1, Fig. 14, 15.) Auch darin zeigt sich Uebereinstimmung, dass die primäre Rinde einen reichen Gehalt an gelben Gerbstoffzellen von der bekannten Form besitzt, daher gleichfalls intensiv gelbe Tinction zeigt. (Taf. 1, Fig. 15, 18). An älteren Rhizomen vorliegender Species machte ich die Beobachtung, dass ein ganz abnormer Dickenzuwachs stattfinden kann. Anstatt des einen centralen Holzkörpers (Taf. 1. Fig. 15c) können nämlich mehrere excentrische auftreten, und zwar fand ich an dem untersuchten Material je drei (Taf. 1, Fig. 16). Auf welchem Wege diese Erscheinung zu Stande kommt, soll hier nicht näher erörtert werden.[2]) Ich will nur bemerken, dass jeder Holzkörper (Taf. 1, Fig. 15 a b c) umgeben wird von einem geschlossenen Cambium (Taf. 1, Fig. 17c), das nach aussen hin eine breite Bastzone mit vielen kleinen Weichbastbündeln erzeugt (Fig. 17d) und dass diese Bastzone nach aussen abschliesst mit einer an gelben Gerbstoffidioblasten reichen Zelllage (Fig. 17e.)

Während also die normale Knolle nur eine einzige gelbe Zone auf dem Querschnitt zeigt (Taf. 1, Fig. 15), finden wir bei abnorm gebauten Knollen um jeden neuen Strang noch je eine gelbe Zone von Gerbstoffidioblasten (Taf. 1, Fig. 16 u. 17).

In den übrigen Geweben ist die Vertheilung und Gestalt der Idioblasten die nämliche wie bei *Corydalis cava* und *pumila*.

b. Oberirdische Stengel.

1. Corydalis pumila, cava und Halleri.

Auf dem Querschnitt des Stengels, der mehrere isolirte Gefässbündel zeigt, liegen die Gerbstoffschläuche in nicht besonders grosser Anzahl zerstreut, theils im Parenchym der Rinde, theils in den Markstrahlen, theils im Mark, meist in unmittelbarer Nachbarschaft der Bündel (Taf. 1, Fig. 24). Ihre Weite entspricht entweder den umgebenden Parenchymzellen, oder sie fällt geringer aus. Im Bast

---

[1]) Knöllchen, die ich im Frühjahr (April und Mai) und im Herbst (Anfang October) untersuchte, verhielten sich bezüglich der Vertheilung der Idioblasten in der gleichen, eben geschilderten Weise.

[2]) Sie ist ähnlich der Maserbündelbildung im Rheum-Rhizom und beruht auf dem Auftreten secundärer Cambien.

sind schmale verlängerte prismatische Schläuche wegen ihrer Farblosigkeit[1]) nur durch Reagentien nachweisbar.

Auf Längsschnitten treten die Behälter der Regel nach in sehr gestreckten Formen entgegen (Taf. 1, Fig. 25), so dass sie die Zellen des Grundgewebes um das Mehr- bis Vielfache übertreffen (Taf. 1, Fig. 25); indessen kommen hiervon Ausnahmen vor und manche Behälter besitzen durchaus die Dimensionen der angelagerten parenchymatischen Elemente. Isodiametrische Formen fehlen, weil in den rasch wachsenden Stengeln eine Längsstreckung aller Gewebselemente stattfindet. Eine Anordnung der Behälter zu Längsreihen konnte ich nie beobachten.

Vergleichen wir die Gerbstoffschläuche des Stengels der genannten Arten mit den Behältern der Knollen, also die Figuren 24 und 25 der Taf. 1, mit Fig. 9, 10, 11, 23 derselben Tafel, so ergiebt sich bezüglich der Gestalt und Grösse eine nicht unerhebliche Differenz.

Was die Färbung der Schläuche betrifft, so erschien dieselbe in den untersuchten Stengeln von *Corydalis cava* stets (?) gelb, in denen von *C. Halleri* stets roth. Im unteren, im Boden steckenden und darum bleichen Theile der Stengel von *Corydalis pumila* war, wie in den Knollen, ein gelber, im über dem Boden befindlichen Theile ein blutrother Farbton vorhanden (Taf. 1, Fig. 21), was auf der Wirkung des Lichtes beruht.

Schliesslich sei bemerkt, dass die Gegenwart der rothen oder gelben Gerbstoffschläuche der Stengel schon äusserlich sich in röthlicher oder bräunlicher Färbung der Theile documentirt. Es mag bei schattig stehenden Pflanzen vorkommen, dass nur gelbe, nicht aber rothe Schläuche zu finden sind.

2. Adlumia cirrhosa.

Im Stengel dieser Pflanze finden sich die Gerbstoffschläuche in zwei verschiedenen Gewebsformen: einerseits im Grundgewebe, andererseits im Bast der Gefässbündel. Dort können sie sowohl in der Rinde, als im Mark und den Markstrahlen liegen (Taf. 2, Fig. 7). In der Rinde treten sie zerstreut auf, entweder unmittelbar unter der Epidermis oder in tieferen Schichten. Im Mark liegen sie theils zerstreut, theils den Gefässbündeln angelagert (Taf. 2, Fig. 7 die gelben Zellen).

Während die dem Grundgewebe angehörenden Schläuche relativ weitlumig sind, dem Charakter ihres Muttergewebes entsprechend, haben sie im Bast auffällig geringen Durchmesser (Taf. 2, Fig. 7 bei B, Fig. 9).

Die Schläuche der Rinde sind bald wenig, bald sehr bedeutend gestreckt und isolirt, in der Regel nicht zu Längsreihen verbunden, die des grosszelligen Theiles des Markes isodiametrisch oder doch nicht sehr bedeutend gestreckt (Taf. 2, Fig. 10, 11) und stehen bisweilen zu wenigen in Längsreihen (Fig. 11). Die der englumige Zellen zeigenden Markkrone erscheinen etwas englumiger, mehr oder weniger gestreckt (Fig. 12), hie und da gleichfalls Längsreihen bildend.

Die Schläuche des Bastes bieten sich stets in gestreckter schmaler Form dar (Fig. 9).

[1]) Ich kann mich natürlich nur auf das untersuchte Material beziehen. Vielleicht kommen, nach den Erfahrungen, die ich an anderen Fumariaceen gemacht habe, bei Pflanzen, die in intensiver Beleuchtung stehen, auch gefärbte Gerbstoffschläuche im Bast vor.

Hinsichtlich der Pigmentirung fand ich bei belichteten Stengeln einen Unterschied dahin gehend, dass während die Idioblasten der Rinde und des Bastes rothes Anthocyan führen (Taf. 2, Fig. 7), die der Markkrone und des Markes gelbe (schmutziggelbe) Färbung (Fig. 7), oder auch gar keine Tinction aufweisen (im letzteren Falle nur mit Reagentien deutlich hervortreten), wie das ja auch bei den Gerbstoffbehältern der Wurzeln, und zwar durchweg der Fall ist. (Vergl. pag. 7).

3. Dicltra spectabilis.

Die primären Schläuche sind am reichsten in der Rinde des Stengels vertreten, wo sie meist dicht unter der Epidermis liegen. Mit der Lupe betrachtet, erscheinen sie an der Stengeloberfläche als zahllose, parallel verlaufende rothe Strichelchen, und der Stengel erhält durch sie schwach rothbräunliches Colorit. Sie sind theils isolirt, theils zu Reihen vereinigt.

Ausserdem finden sich die primären Schläuche spärlich in den Markstrahlen und im Mark, nur wird an der Markgrenze ihre Zahl wieder etwas grösser, hier wie dort enthalten sie einen blutrothen Farbstoff, und stehen einzeln (haben dann oft sehr langgestreckte Form) oder in Reihen.

Secundäre Schläuche kommen im Basttheile der Gefässbündel vor. Im Gegensatz zu den primären bleibt ihr Querdurchmesser sehr gering. Die Längsstreckung ist ziemlich erheblich. Reihenbildung findet nicht statt. Ihr Inhalt ist vollkommen farblos; sie sind daher ohne Anwendung von Reagentien nicht zu erkennen.

Die Untersuchung desjenigen Stengeltheils, der im Boden steckt, mit schuppenförmigen Niederblättern besetzt und von bleicher Färbung ist, lehrt, dass hier den Gerbstoffschläuchen das Pigment durchweg fehlt.

An vorliegender Species habe ich mich überzeugt, dass die rothen Gerbstoffbehälter des Grundgewebes im Stammscheitel erzeugt werden und zwar als kleine pigmentlose Zellchen (Taf. 3, Fig. 15), die noch isodiametrisch oder, wie die Meristemzellen, breiter als hoch sind und weiter rückwärts vom Stammscheitel sich allmählich strecken und weiten, um schliesslich die definitive Grösse und Form zu erlangen, die wir bereits betrachteten, und unter der Einwirkung des Lichtes rothe Färbung anzunehmen.

4. Corydalis ochroleuca.

Der Querschnitt durch den Stengel zeigt, wie der der jungen Wurzel, primäre sclerenchymatische Gerbstoff-Idioblasten. Sie sind in der Rinde ziemlich zahlreich, zerstreut und bilden im Ganzen eine gebrochene Ringlinie (Taf. 3, Fig. 12), hie und da gehen einzelne in die Markstrahlen, einige auch in den peripherischen Theil des Markes, nicht aber, wie es scheint, bis in das Centrum desselben hinein.

Sie führen mehr oder minder intensiv rothen Farbstoff. Ausser den dickwandigen kommen im ganzen Grundgewebe, besonders aber in den äusseren Zelllagen der Rinde, zerstreute zartwandige Schläuche mit gleichfalls blutrothem Inhalt vor (Taf. 3, Fig. 12).

Auch secundär gebildete Gerbstoffschläuche besitzt der Stengel, aber, wie bei den bereits besprochenen Fumariaceen, nur im Basttheile der Gefässbündel. Sie sind hier von sehr geringem Durchmesser und von gelber Tinction, nicht von rother, wie die primären Stengel-Behälter.

5. Fumaria muralis.

Hier sind die Gerbstoffschläuche in der Rinde, den Markstrahlen und dem Mark vorhanden, und besonders in unmittelbarer Nähe der Gefässbündel reichlich, dabei roth gefärbt (genügende Belichtung des Exemplars vorausgesetzt). Wo das Licht nicht genügend wirkt, wie im Mark, sind die Behälter farblos. In älteren, dicken Stengeln fand ich die Idioblasten zum Theil mit verdickter Membran, oft prosenchymatisch verschmälert (Taf. 3, Fig. 14) und von mitunter beträchtlicher Länge (bis 3 Millim.). Im Bast sind die Schläuche englumig, bei Exemplaren, die in vollem Licht gestanden, roth gefärbt, sonst auch farblos und von der gewöhnlichen Gestalt (s. *Adlumia*).

C. Phyllome.

1. Cotyledonen.

Fumaria officinalis.

Die Cotyledonen kräftiger Keimpflanzen enthalten Gerbstoffidioblasten sowohl im Blattstiel, als in der Lamina. Im Bast der Gefässbündel treten sehr schmale und gestreckte Schläuche auf, im Diachym findet man dicke, minder stark verlängerte Formen, welche zwar im Allgemeinen die Form der Assimilationszellen haben, aber doch immer etwas hierin abweichen (Taf. 3 Fig. 2), überdies, namentlich im Blattstiel, gestreckter sind (Taf. 3 Fig. 1). Sie enthalten zudem Chlorophyll. Bei Belichtung wird ihr sonst farbloser Inhalt rosenroth bis blutroth (wie in allen übrigen Organen). Ihre Zahl ist übrigens nicht beträchtlich. Oefters bemerkt man, namentlich im Blattstiel, zwei, selten drei in eine Längsreihe gelagert. In der Epidermis habe ich vergebens nach Gerbstoffidioblasten gesucht.

2. Laubblätter.

1. Fumaria officinalis.

In der Lamina finden sich Gerbstoffidioblasten von dreierlei Formen, erstens solche von Gestalt der Schwammparenchymzellen, nur meist länger als diese (Taf. 3 Fig. 3a), bisweilen zu 2 bis 3 bei einander, sonst zerstreut im Schwammparenchym liegend; zweitens mehr oder minder lang zugespitzte Schläuche (in der Form Bastfasern ähnlich) (Taf. 3, Fig. 3b), welche theils im Mesophyll verlaufen und dann oft geschlängelten Verlauf oder Knickungen und eckige Contouren zeigen, theils den Gefässbündeln dicht anliegen und dann mehr gerade gestreckt sind, überdies oft weit über 1 Millimeter Länge erreichen; drittens schmale, minder bedeutend gestreckte Schläuche von cylindrischer Form im Bast der Gefässbündel.

Die zuerst besprochene Form führt gewöhnlich Chlorophyll. Zum schnellen Nachweis der Idioblasten, zumal sie nur selten (nach sehr intensiver Beleuchtung der Blätter) roth gefärbt sind, empfiehlt sich besonders Jodjodkalium. In der Epidermis fehlen idioblastisch ausgebildete Gerbstoffschläuche ganz; nur an der Spitze der Blätterabschnitte findet man anthocyanrothe gerbstoffhaltige Epidermiszellen der gewöhnlichen Form.

Im Blattstiel kommen so unregelmässige Gerbstoffschläuche, wie in der Lamina, nicht vor, weil die Grundgewebselemente mehr gleichmässig und stärker gestreckt erscheinen.

Die äusseren Zellschichten der Rinde enthalten in reicher Zahl relativ kurze Formen mit Chlorophyll in dem meist anthocyanroth gefärbten Inhalte. Sehr lange Schläuche sah ich in der Umgebung der Gefässbündel, wo sie theils mit abgestutzten, theils mit lang verschmälerten Enden vorkommen, im letzteren Falle bis mehrere Millimeter Länge erreichend. Im Bast sind die bekannten schmal cylindrischen Schläuche vorhanden.

2. Corydalis lutea und cava.

Die Blätter besitzen Idioblasten von den für Fumaria beschriebenen Eigenschaften. Nur habe ich bei *C. lutea* im Mesophyll die lange bastfasernähnliche Form vermisst. Bei *C. lutea* ist der Inhalt roth oder farblos, bei *C. cava* gelb (bei intensiver Beleuchtung wohl auch roth vorkommend).

3. Nieder- und Hochblätter.

In den Nieder- und Hochblättern von *Corydalis cava*, wie man sie an der entwickelten Pflanze antrifft, haben die Gerbstoffidioblasten stets die Form gestreckter gelblicher, bisweilen röthlicher Schläuche, welche im Allgemeinen parallel den Gefässbündeln verlaufen, entweder unmittelbar an diese angelagert oder in das zwischen denselben liegende Parenchym eingebettet (Taf. 1 Fig. 13 die dunklen Striche).

Legt man ein solches Schuppenblatt in verdünnte Chromsäure oder Jodjodkalium und treibt sodann durch gelindes Erwärmen die Luft aus dem Parenchym, so wird das Object ganz klar und man sieht die nunmehr braun gefärbten und scharf gegen die durchsichtige Umgebung abgegrenzten Schläuche deutlich daliegen (Taf. 1, Fig. 13). Ja sie sind jetzt selbst für das unbewaffnete Auge als feine dunkle Strichelchen deutlich wahrnehmbar. Hin und wieder erlangen sie relativ beträchtliche Länge, 2—3 Millimeter und darüber, meistens sind sie minder lang, aber immer noch ansehnliche Streckung zeigend. In den untersuchten Schuppenexemplaren belief sich die Anzahl der Schläuche immer auf mehrere Dutzend.

In den gelblichen Schuppen der Knospen, wie sie sich im Spätherbst (November) entwickelt hatten, waren die zahlreichen bald längeren, bald kürzeren Behälter in einem so intensiven, leuchtenden Gummiguttgelb gefärbt, wie ich es sonst nie gesehen habe. Dem Lichte ausgesetzt, werden die Knospen geröthet, weil der intensiv gelbe Inhalt der Idioblasten sich in einen intensiv rosen- bis blutrothen umwandelt, wobei alle Uebergänge im Tone von Gelb zum Roth zu beobachten sind.

4. Blüthentheile.

1. Fumaria officinalis.

a. Blumenkrone.

1. Nicht gesporntes äusseres Blumenblatt. Es enthält sehr lange und schmale Gerbstoffidioblasten mit intensiv blutrothem Inhalt. Ihre Zahl schätzte ich auf 12—15. In der Seitenansicht Fig. 5 auf Taf. 3 bemerkt man 7. Während die Behälter im löffelartigen Endtheile etwas divergiren, laufen sie

im unteren schmäleren Theile des Blumenblattes unter sich und den Nerven parallel. Die Mehrzahl der Schläuche scheint die ganze Länge des Organs zu durchziehen, also etwa 3—4 Millimeter zu erreichen. In der breiten Randregion des Blattes zu beiden Seiten, wo auch keine Gefässbündel liegen, scheinen die Gerbstoffschläuche stets ganz zu fehlen.

2. Gesporntes äusseres Blumenblatt. Hier sind die Idioblasten von der Form derer der Unterlippe. Sie durchziehen, von der Basis des Blattes ausgehend, in Bogenlinie den spornartigen Theil und gehen der Mehrzahl nach oder sämmtlich bis zum Endtheile (Taf. 3, Fig. 4), erreichen daher die sehr bedeutende Länge von 5—7 Millimeter! Ihre Zahl schätze ich auf 12—15. Diese Schläuche gehören zu den längsten Idioblasten, die es bei den untersuchten Fumariaceen überhaupt gibt. Ihr Gerbstoff ist blutroth, bei den durch den Sporn gehenden aber zum Theil sehr abgeblasst, daher ohne Reagentien oft nur undeutlich verfolgbar, mit Jodjodkalium behandelt scharf hervortretend, bei den als Begleiter der Gefässbündel auftretenden von ziemlicher Intensität und deshalb schon mit der Lupe deutlich zu sehen. In ihrem Verlauf machen die Schläuche vielfach schlangenartige (Taf. 3, Fig. 6), oft selbst energische Biegungen, die bei den dem Gefässbündel unmittelbar angelagerten Schläuchen fehlen.

3. Innere Blumenblätter und Staubgefässe zeigen gleichfalls rothe Gerbstoffschläuche, im Wesentlichen von obigem Charakter.

b. Kelchblätter.

Auch hier sind blutroth gefärbte Gerbstoff-Idioblasten vorhanden, die nur in der Region des einzigen Gefässbündels vorkommen und diesem parallel gelagert sind. Die ihm dicht anliegenden sind bald kurz, bald lang cylindrisch, die längsten bis 1 Millimeter lang (also nicht die Länge des ganzen Organs erreichend) und zugespitzt. Die etwas seitwärts vom Gefässbündel gelagerten Schläuche haben auch gestreckte Form, sind aber mit gebogenen Wänden versehen, was mit der Form der anliegenden Parenchymzellen zusammenhängt.

2. Dicentra formosa.

a. Blumenblätter.

In den äusseren Blumenblättern wurden zahlreiche Gerbstoffschläuche angetroffen. Sie durchziehen erstere von der Basis nach der Spitze zu als lange rothe, schon mit der Lupe, zumal nach Jodjodkalium-Behandlung) bemerkbare lange Streifen, welche insbesondere als Gefässbündel-Begleiter auftreten, aber auch in dem Parenchym verlaufen. Ihre Länge ist z. Th. beträchtlich. Einer der Schläuche mass beispielsweise 7,2 Millim. Diejenigen Idioblasten, welche die Gefässbündel begleiten, sind gewöhnlich von mehr geradem Verlauf und geringer, gleichmässiger Dicke (etwa 20 mikr.), die zwischen den Gefässbündeln im Parenchym liegenden erscheinen vielfach auffällig hin- und hergekrümmt, sowie von beträchtlicherer Dicke (bis etwa 50 mikr. und darüber) und nach den Enden zu in auffallender Weise, aber meist sehr allmählich, verschmälert.

b. Staubblätter.

In den Filamenten liegen zahlreiche, intensiv — oder diluirt — blutrothe Gerbstoffschläuche, welche um grösseren Theile den Gefässbündeln angelagert sind, zum kleineren im Parenchym verlaufen. Wie

es scheint, treten sie isolirt auf. Doch schien es mir mitunter, als ob einige zu Längsreihen angeordnet waren. Die freien können beträchtliche Länge (1—6 Millim.) erreichen und durchziehen im letzteren Falle das Filament fast seiner ganzen Länge nach. Drückt man nach Zusatz von Jodjodkalium auf solche Schläuche, so sieht man die durch die Lösung braun und deutlich gewordenen Niederschlagskörnchen auf weite Strecken hinrollen, zum Beweis, dass die Schläuche wirklich lange Röhren sind. Neben den langen, an den Enden meist zugespitzten kommen auch kurze Idioblasten vor, deren Enden in der Regel Abstutzung zeigen. Der Verlauf der langen Schläuche im Parenchymtheile ist häufig ein schlangenartiger, oft bedeutende Biegung zeigender, wogegen die den Gefässbündeln dicht anliegenden Schläuche einen mehr geradlinigen Weg nehmen.

3. Adlumia cirrhosa.

a. Blumenblätter.

In den Blumenblättern des äusseren und inneren Kreises liegen schmale Gerbstoffschläuche, welche 2 bis viel mal länger als dick sind und blutrothen Inhalt führen. Sie sind Begleiter der Gefässbündel.[1])

b. Staubblätter.

Sie enthalten die Gerbstoffbehälter gleichfalls in Form von mehr oder minder gestreckten schmalen Schläuchen, deren Inhalt aber farblos ist.

c. Fruchtblätter.

Die Gerbstoff-Idioblasten finden sich hier besonders im Griffeltheil und zwar in Gestalt von blutrothen mehr oder minder stark gestreckten Schläuchen, die bis in den Narbentheil hinein verfolgt werden können und hier z. Th. weitlumiger werden.

4. Corydalis lutea.

a. Blumenblätter.

Hier finden sich Gerbstoffidioblasten mit schwach gelblichem bis farblosem Inhalt. Ihre Länge ist sehr erheblich, denn sie durchziehen die z. Th. über 1 Centimeter langen Blätter von der Basis bis fast zum Ende und erreichen jedenfalls 8—10 Millim. Länge. Ihre Form wie ihr Verlauf entspricht im Wesentlichen dem der Fumariabehälter.

b. Staubblätter.

Die Filamente enthalten wenige, langgestreckte, sehr schwach gelbe oder farblose Idioblasten, welche die Gefässbündel begleiten.

c. Fruchtblätter.

Sehr langgestreckte bis 1 Centim. lange kräftige Schläuche, welche gelblichen Inhalt führen. Die den Gefässbündeln angelagerten verlaufen gerade, die im Parenchym hinziehenden schlängeln sich meistens und haben z. Th. eckige Contouren.

---

[1]) Ich will nebenbei die bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit erwähnen, dass in dem obersten Theile der Blumenblätter des inneren Kreises und zwar in der mittleren sehr kleinzelligen Schicht oxalsaurer Kalk vorkommt und zwar in jeder Zelle eine Druse, während ich in allen übrigen Organen der Pflanze kein Kalkoxalat aufzufinden vermochte.

d. Kelchblätter.

Langgestreckte Gerbstoffschläuche mit meist lang zugespitzten Enden und glänzend schwefelgelbem Inhalt.

Am Schlusse dieser Mittheilungen über die Gerbstoffschläuche der Blüthentheile will ich noch bemerken, dass diese Behälter überall dem Mesophyll angehören, nicht aber in der Epidermis vorkommen.

Erwähnenswerth ist der Umstand, dass in den Samen der Fumariaceen (ich habe *Corydalis*-Arten untersucht) keine Gerbstoffbehälter vorhanden sind.

Anhang.

1. Parnassia palustris.

(Taf. 3, Fig. 19—22).

Zunächst ist zu constatiren, dass, wie bei den Fumariaceen, so auch bei vorliegender Pflanze, alle Organe, unterirdische (Wurzeln) wie oberirdische (Stengel, Laubblätter, Blüthentheile), Gerbstoffidioblasten enthalten.

Aber während diese Behälter innerhalb jener Familie der Regel nach in den innerhalb der Epidermis gelegenen Gewebesystemen vorkommen, sind sie bei *Parnassia palustris* auf das Oberhautgewebe selbst beschränkt.[1])

Wie bei *Fumaria*, *Adlumia* und *Dicltra* führen die Wurzeln stets farblosen Gerbstoff, die oberirdischen Theile enthalten entweder farblosen Gerbstoff oder Gerbstoff und rothes Anthocyan und sind daher mit einem röthlichen oder violetten Anflug versehen. Es ist hervorzuheben, dass ich in den untersuchten Laubblättern (Lamina) und den Blättern der Blüthe (mit Ausnahme der Fruchtblätter), auch solcher Pflanzen, die frei im Licht standen, niemals Anthocyanbildung auffinden konnte. Die zahlreichen Blumenkronen, die ich untersucht habe (z. Th. in Pommern, z. Th. in der Provinz Sachsen) erschienen stets weiss, niemals röthlich oder bläulich, obwohl gerade sie dem Licht doch sehr exponirt sind, wenigstens eben so sehr, als der Fruchtknoten, der Anthocyan-haltig erschien.

Dieser Befund liefert einen weiteren Beweis, dass die Anthocyan-Erzeugung mindestens nicht ausschliesslich auf Lichtwirkung basirt. Stengel und Blattstiele (der Rosette) enthalten an der Basis, also da, wo sie auch von den vom Boden reflectirten Lichtstrahlen leicht getroffen werden, ziemlich

[1]) Wahrscheinlich ist dies auch bei anderen Saxifragaceen der Fall, wenigstens fand Engler (Botanische Zeitung 1871) in der Epidermis (allerdings nur der Blätter, andere Organe wurden nicht untersucht) von *Saxifraga*-Arten ebenfalls Gerbstoffschläuche.

intensiv rothes Anthocyan in den Behältern, nach oben hin sind die Gerbstoffidioblasten gleichfalls farblos.

Die gelbe Vorstufe des rothen Anthocyans (gelbes Anthocyan) wird bei *Parnassia* niemals gebildet.

In gestaltlicher Beziehung tragen die Gerbstoffidioblasten den Charakter der Oberhautzellen des betreffenden Organs oder Organtheils. Am Fruchtknoten beispielsweise, wo die Epidermiselemente unregelmässig polygonal erscheinen, haben auch die Gerbstoffbehälter diese Form (Taf. 3, Fig. 20); in gewissen Regionen der Laub- und Blumenblätter, wo die Epidermiszellen mit gewellten Wandungen versehen sind, erscheinen auch die Wände der Gerbstoffbehälter stark gebogen (Taf. 3, Fig. 19); in der Stengelepidermis, wo die Zellen des Oberhautgewebes, soweit sie dem Grunde angehören, kurz (Taf. 3, Fig. 21), soweit sie den weiter oben gelegenen Theilen entsprechen, in sehr gestreckter Form auftreten (Taf. 3, Fig. 22), bieten auch die Gerbstoffbehälter entsprechende Form, und in der Wurzel, sowie an Kelch, Nebenkrone und Staubblättern finden ähnliche Verhältnisse statt.

Nichts desto weniger ist die Gestalt der Behälter im Ganzen idiomorph ausgebildet, insofern nämlich, als Längen- und Dickendimensionen bald mehr, bald minder beträchtlichere sind, als bei den betreffenden übrigen Epidermiselementen. Ein Blick auf Taf. 3, Fig. 20 (Fruchtknoten-Epidermis), Fig. 21 (Epidermisstück der Stengelbasis) und Fig. 22 (Stück der Oberhaut von einer höher gelegenen Stengelpartie) und besonders auf Fig. 19 (ein Stück der Epidermis eines Laubblattes darstellend, in der sich die Idioblasten nicht bloss durch grösseres Volumen, sondern auch durch stärkere Buchtungen vor den gewöhnlichen Oberhautzellen auszeichnen) dürfte zur Erhärtung des Gesagten dienen. Wahrscheinlich werden alle diese Idioblasten-Formen schon in den Urmeristemen angelegt.

In der Wurzel, im Stengel, in den Laubblättern, im Kelch, der Blumenkrone, der Nebenkrone, den Filamenten und den Fruchtblättern, kurz in allen Organen, treten sie meist einzeln, ab und zu auch zu 2, selten drei bei einander gelagert auf.

Im Allgemeinen ist die Zahl der Behälter in allen Organen eine relativ beträchtliche. Nach ohngefährer, nicht zu hoch gegriffener Schätzung dürften die Behälter, neben einandergelegt, etwa $^1/_5$ der Gesammtoberfläche der Pflanze ausmachen.

Der Gerbstoffinhalt der Idioblasten ist eine concentrirte Lösung von stark lichtbrechendem Ansehen, die, wenn man das betreffende Organ langsam eintrocknen lässt, sich zu einer noch stärker lichtbrechenden, traubigen oder unregelmässigen Masse contrahirt und nun nur noch etwa $^2/_3$ oder $^1/_2$ des Zelllumens ausfüllt. Gegen die bei den Fumariaceen angeführten Reagentien verhält sich der *Parnassia*-Gerbstoff und das Anthocyan ganz ähnlich, wie bei den Fumariaceen.

2. Parietaria diffusa.

(Taf. 3, Fig. 17—18.)

Wie bei den Fumariaceen und *Parnassia palustris* traf ich Gerbstoffbehälter in allen Organen (Wurzeln, Stengeln, Blättern, Blüthentheilen) an.

Abweichend von *Parnassia* werden sie nicht ausschliesslich auf die Epidermis beschränkt, sondern finden sich, wie bei den Fumariaceen, hauptsächlich im Grundgewebe (Rinde, Mark, Markstrahlen), besonders zahlreich an der Grenze der Gefässbündel (Taf. 3, Fig. 17), ferner im Bast, sodann in den parenchymatischen Theilen des Holzes; ja ich habe beobachtet, dass sie sogar in den

prosenchymatischen Partieen des Holzes (als Holzzellen, Taf. 3, Fig. 18 H.) vorkommen können (und zwar in Wurzeln wie in Stengeln) stellenweis in ziemlich grosser Anzahl auftreten. Auch in der Epidermis fehlen sie nicht, scheinen aber hier minder zahlreich, als im Grundgewebe aufzutreten.

Die in den primären Geweben auftretenden sind zumeist in gerade Längsreihen geordnet, (Taf. 3, Fig. 18 R. a.), hie und da auch einzeln und werden bereits in den Urmeristemen erzeugt, die in den durch secundären Dickenzuwachs aus dem Cambium hervorgegangenen (im Bast und Holz liegenden) treten isolirt auf (Taf. 3, Fig. 18 B. H.). Bezüglich der Form gilt dasselbe, was ich für *Adlumia cirrhosa* anführte. Sehr ausgesprochen idiomorphe Formen, wie sie z. B. *Corydalis ochroleuca* (Taf. 3, Fig. 7—9) zeigt, kommen nicht vor.

Während bei den von mir untersuchten Fumariaceen und bei *Parnassia palustris* rothes Anthocyan nur in oberirdischen Organen erzeugt wird, niemals aber in unterirdischen, kann man für *Parietaria diffusa* leicht feststellen, dass die Gerbstoffbehälter selbst in der Wurzel rothes Anthocyan enthalten und in Folge dessen schon äusserlich eine Rothfärbung zeigen. Ich bemerke ausdrücklich, dass das auch bei den tief im Boden liegenden Wurzeltheilen der Fall ist, die vom Licht niemals getroffen werden können.

Zusammenfassung und Betrachtungen.

Aus den vorstehenden Untersuchungen ergiebt sich, dass bei sämmtlichen Vertretern der Familie der Fumariaceen, soweit sie in Betracht gezogen werden konnten (nämlich bei Corydalis cava, C. pumila, C. Halleri, C. ochroleuca, C. lutea, Diclytra spectabilis, D. formosa, Adlumia cirrhosa, Fumaria officinalis u. F. muralis) eigenthümliche, farblose oder gefärbte, gerbstoffreiche Idioblasten vorkommen.

Sie wurden in den verschiedensten Organen gefunden und zwar im Wurzelsystem, Hauptwurzel, Seitenwurzeln, Wurzelfasern, Adventivwurzeln mit ihren feinsten Auszweigungen, in den Rhizomen, in den oberirdischen Stengeln, in Blattstiel und Lamina der Cotyledonen und Laubblätter, in den Nieder- und Hochblattbildungen und in allen Blüthentheilen. Dabei bleiben sie in allen diesen Organen constant erhalten.[1])

Die Gewebssysteme, in denen sie liegen, sind: einerseits das primäre Parenchym (Grundgewebe), andererseits die durch secundären Dickenzuwachs entstandenen Gewebe. Im Oberhautgewebe scheinen sie stets zu fehlen oder doch nur ausnahmsweise vertreten zu sein (im Gegensatz zu Parnassia palustris, wo die Idioblasten in allen Organen, unterirdischen wie oberirdischen, auf die Epidermis beschränkt sind).

Die im primären Parenchym liegenden Idioblasten mögen kurz als primäre, die anderen als secundäre bezeichnet werden.

Die primären Idioblasten entstehen im Urmeristem der betreffenden Organe (Wurzelspitze, Stammspitze, Blattanlage) (Taf. 1, Fig. 6, 7; Taf. 3, Fig. 15, 16).

Die secundären Idioblasten werden vom Cambium der Gefässbündel gebildet (Taf. 1, Fig. 12, 23; Taf. 2, Fig. 6). Wo Cambien als Neubildungen im Holzkörper entstehen, da werden auch von ihnen secundäre Idioblasten erzeugt (Knollen von *Corydalis Halleri*, Wurzel von *C. lutea*.)

In Organen mit wenig ausgesprochenem secundären Dickenzuwachs pflegen Idioblasten nur nach dem Phloëmtheil, in Organen mit starkem Dickenzuwachs auch nach der Xylemseite zu abgeschieden zu werden.

Die primären Idioblasten entstehen als winzige, von den Zellen des Urmeristems nach Form und Grösse nicht verschiedene Zellen und nehmen (aber nur in denjenigen Organen, welche ausgespro-

[1]) Ganz das Nämliche gilt nach meinen Untersuchungen für eine Saxifragee (*Parnassia palustris*), für eine Urticacee (*Parietaria diffusa*). Bei *Phaseolus multiflorus* fehlen nach Sachs den Wurzeln die Gerbstoffbehälter.

chenes Längenwachsthum zeigen) im Laufe der Entwickelung in der Regel die Form mehr oder minder auffällig gestreckter, oft 2 bis 10 Millimeter langer und dann mit den benachbarten Gewebselementen mehr oder minder stark contrastirender Schläuche an (Taf. 1, Fig. 5, 8, 25; Taf. 3, Fig. 1, 4, 5, 7—9, 14), welche entweder parenchymatischen oder prosenchymatischen Character (oft mit Uebergängen, Taf. 3, Fig. 7, 14) tragen, niemals aber Verzweigungen bilden. Durch enges Anschmiegen an benachbarte Parenchymzellen, die den Scheidewänden entsprechende Einschnürungen zeigen, erhält der Contour dieser primären Idioblasten in der Längsansicht meistens etwas Geschweift-Gezahntes (Taf. 1, Fig. 8, 25; Taf. 3, Fig. 7—9, 14). In den mehr in die Dicke als in die Länge wachsenden Knollen der *Corydalis*-Arten bleiben die Schläuche kurz (Taf. 1, Fig. 10, 18, 23).

Die secundären Idioblasten bieten zunächst Form und Dimensionen der Cambiumelemente dar (Taf. 1, Fig. 13, 23; Taf. 2, Fig. 6), später können sie sich zwar etwas strecken und besonders weiten, erhalten aber im Allgemeinen nicht so beträchtliche Länge wie die primären und contrastiren daher weniger mit den Bastelementen (Taf. 2, Fig. 6).

Marklose Wurzeln und Rhizome enthalten in gewissen Altersstadien nur secundäre Schläuche, weil mit Verkorkung und Abstossung der primären Rinde auch die primären Idioblasten entfernt werden.

Die primären Idioblasten kommen bei gewissen Fumariaceen zerstreut, bei anderen einestheils zertreut (Taf. 1, Fig. 5, 7), anderntheils zu contiuirlichen geraden Längsreihen verbunden vor (Taf. 2, Fig. 3—5, 11; Taf. 3, Fig. 8). Letztere entstehen nicht etwa durch Quertheilung der Behälter, sondern die Idioblasten kommen schon im Meristem der Wurzel- resp. Stammspitze in Reihen zur Veranlagung (Taf, 3, Fig. 16).

In den Stengeln und Blattbildungen pflegen die primären Idioblasten zum Theil als Begleiter der Gefässbündel aufzutreten, diesen dicht angelagert (Taf. 1, Fig. 24).

Die Membran der secundären Idioblasten ist stets eine Cellulose-Membram, die niemals Verkorkung oder Verholzung erfährt, auch keine besondere Verdickung oder besondere Structur erhält.[1]) Wo die Elemente des Bastes überhaupt eine besondere Membranstructur aufweisen, etwa die sogenannte Doppelstreifung besitzen, da zeigen auch die in dieses Gewebe inserirten Gerbstoffidioblasten diese Structur (Beispiel: Bast der Wurzel von *Adlumia cirrhosa* (Taf. 2, Fig. 6), von *Fumaria officinalis* und von *Corydalis ochroleuca*).

Auch die Membran der primären Schläuche erfährt weder Verkorkung noch Verholzung; indessen existirt von dieser Regel eine Ausnahme. Bei *Corydalis ochroleuca* und *Fumaria muralis* fand ich nämlich, dass die Wandung gewisser Grundgewebs-Idioblasten sich — oft nicht unbeträchtlich — verdickt, verholzt und deutlichere, schief gestellte Poren erhält, als das umgebende Parenchym (Taf. 3, Fig. 7—9, 13, 14. Auffällig ist die Aehnlichkeit, die diese Idioblasten mit denen von *Sambucus* zeigen.

Die Frage, ob bei den Schlauchreihen etwa Resorptionen der Querwände der einzelnen Glieder, also Fusionen derselben eintreten können, ist für die untersuchten Arten entschieden zu verneinen; ebenso wenig habe ich eine siebplattenähnliche Ausbildung der Querwände ausfindig machen können.

[1]) Sonst ist ja Verkorkung der Membranen bei (secretführenden) Idioblasten, wie Zacharias (Ueber Secretbehälter mit verkorkten Membranen Bot. Zeit. 1879) und v. Höhnel (Anatomische Untersuchungen über einige Secretionsorgane, Wiener Akad. Sitzungsber. 1882. Bd. 84 Abth. 1 p. 598) zeigten, eine häufige Erscheinung.

Was den Inhalt der Idioblasten anlangt, so ist zunächst in jedem der kürzeren mit Sicherheit ein Kern nachzuweisen. Ob in den längeren, 1—10 Millimeter langen Formen ebenfalls nur ein einziger oder mehrere Kerne vorhanden sind, wage ich nicht mit Sicherheit zu entscheiden (obschon ich in den längsten Formen mehrere Kerne gesehen zu haben glaube).

Ferner enthalten die primären wie die secundären Idioblasten in allen Fällen unzweifelhaft reichliche Menge von Gerbsäure, die mit Alkalien, Metalloxyden und Metallsalzen verschiedengefärbte Niederschläge gibt (vergl. das bei Corydalis-Knollen pag. 14 Gesagte). Am reichlichsten werden dieselben bei Anwendung von Jodjodkalium, Osmiumsäure, Kaliumbichromat und Millon. Jodjodkalium ist zur Fällung ganz besonders zu empfehlen, da es einen sehr intensiv braunen Niederschlag gibt.

Unter normalen Verhältnissen kommt die Gerbsäure wohl ausschliesslich in Form einer klaren, stark lichtbrechenden, homogenen Lösung vor, ausnahmsweise sah ich sie bei Dicytra spectabilis (Wurzel) und Corydalis ochroleuca (Blattstiel) in Form von Gerbstoffkugeln, vermisste sie jedoch bei anderen Exemplaren, die zu anderer Zeit untersucht wurden.

Lässt man die Fumariaceen-Organe allmählich welken, so zieht sich der Gerbstoff zu trauben-, wurst- oder stärkekornförmigen, ölartig aussehenden, sehr stark lichtbrechenden Massen zusammen, die mindestens zähflüssig sein müssen, vielleicht fest sind und die Zelllumina zu einem nicht unbedeutenden Theile ausfüllen. Dieser Befund lehrt, dass die Gerbstofflösung in der noch frischen Zelle in nicht ganz geringem Concentrationsgrade vorhanden sein muss.

Die Gerbstofflösung lässt entweder jede Pigmentirung vermissen, oder sie enthält einen gelben Farbstoff, den ich als „gelbes Anthocyan“ bezeichnen will, oder aber es ist ein rosen- bis intensiv carmin- oder blutrothes Pigment vorhanden, gewöhnliches „rothes Anthocyan“.

Dem Licht auf natürlichem Wege gänzlich entzogene Organe oder Gewebstheile besitzen in den Gerbstoffbehältern entweder farblosen Gerbstoff, oder sie enthalten gelbes Anthocyan, niemals aber das rothe Pigment.

So fand ich die Haupt- und Seitenwurzeln von *Fumaria*-Arten, von *Adlumia cirrhosa* und *Dicytra spectabilis*, sowie die Adventivwurzeln von *Dicytra formosa* immer pigmentfrei.

Die Adventivwurzeln von *Corydalis cava*, *pumila* und *Halleri*, die Knollen und die unterirdischen Knospen dieser Pflanzen führen in den Gerbstoffzellen gelbes Anthocyan, und zwar in solchen Mengen, dass sie schon von aussen oder auf dem Durchschnitt deutlich gelb erscheinen (Taf. 1, Fig. 1, 2, 22). Wie Taf. 1, Fig. 6 lehrt, kann das gelbe Anthocyan schon im Meristem der Wurzelspitze (Nebenwürzelchen) in den eben erst angelegten Gerbstoffidioblasten vorhanden sein.

Alle oberirdischen Theile, soweit sie dem Licht, insbesondere dem Sonnenlicht, nicht zugänglich sind, oder künstlich vor Lichteinwirkungen geschützt werden, enthalten pigmentlose oder aber durch gelbes Anthocyan tingirte Gerbstoffbehälter (gelbe: *Corydalis cava*, *pumila*, *Halleri*; farblose: *Fumaria*, *Adlumia*, *Dicytra*).

In oberirdischen, sowie in unterirdischen Organen, sofern sie der Einwirkung des Lichtes auf natürlichem Wege ausgesetzt sind, oder auf künstlichem Wege ausgesetzt werden, nehmen die farblosen sowohl, als die gelbgefärbten Idioblasten, soweit die Lichtstrahlen in die Gewebe einzudringen vermögen, rothe Färbung durch rothes Anthocyan an (Taf. 1, Fig. 24, 25).

Hierbei ist noch speciell hervorzuheben, dass sich in der Region, wo die Grenze zwischen unterirdischen und oberirdischen Theilen liegt, alle Nüancen der Umfärbung von Anthocyangelb zu Anthocyanroth resp. alle Uebergänge von hyaliner zu intensiv rother Lösung in den Behältern nachweisen lassen.

Ein instructives Beispiel hierfür bietet u. A. die Keimpflanze von *Corydalis ochroleuca*. Untersucht man die Wurzel in der Region, die noch etwas unter der Erdoberfläche liegt, so findet man in der primären Rinde sämmtliche Gerbstoffbehälter noch gelb gefärbt. Ein wenig weiter nach oben, fast an der Grenze des Bodens, wo das Licht schon etwas einwirken kann, trifft man bereits einige Behälter in einem schmutzigen Tone gefärbt, der zwischen Gelb und Roth vermittelt; noch ein wenig weiter aufwärts, hart über der Erdoberfläche, also in der dem hypocotylen Glied entsprechenden, dem Licht voll ausgesetzten Region, sind bereits sämmtliche Behälter schwach roth, noch weiter nach oben leuchtend blutroth tingirt.

Aber nicht blos in verticaler, sondern auch in radialer Richtung macht sich die allmähliche Umfärbung in's Roth bemerkbar. Ich wähle wieder das hypocotyle Glied von *Corydalis ochroleuca* als Beispiel. Zu einer Zeit, wo die mehr peripherisch gelegenen, also auch dem Licht am ersten zugänglichen Gerbstoffbehälter schon deutliche Röthung erfahren haben, treten die weiter nach innen zu gelegenen erst in die Umfärbung ein, einen schmutzig-orangefarbenen Ton zeigend, während die noch weiter nach innen, also im Centralcylinder liegenden sämmtlich gelb erscheinen (Taf. 3, Fig. 13).

Aehnliche Verhältnisse zeigen andere *Fumariaceen*. Im hypocotylen Glied von *Fumaria officinalis* sind die dem Centrum nahe gelegenen Idioblasten farblos, die etwas weiter nach aussen hin befindlichen von schwach rother Färbung, die ganz peripherisch liegenden sehr intensiv roth gefärbt.

Aus allen diesen Beobachtungeu dürfte wohl zu folgern sein, dass die Bildung des rothen Anthocyans zum Licht in irgend einer näheren oder entfernteren Beziehung steht, während die Entstehung des Anthocyangelbs vom Licht unabhängig zu sein scheint.

Für das Erstere sprechen auch die angestellten Experimente: Der eine Versuch wurde mit *Corydalis pumila* ausgeführt. Knöllchen dieser Pflanze, im Herbst ausgegraben, besitzen ein relativ stattliches, zum Austreiben im nächsten Frühjahr bestimmtes Knöspchen, dessen Schuppen blassgelblich erscheinen und ausschliesslich mit Anthocyangelb versehene Idioblasten enthalten. Ich setzte nun die Knöllchen so in Töpfe, dass die Knöspchen dem Licht zugänglich waren. Schon nach 4 trüben Tagen erschienen letztere deutlich röthlich angehaucht. Die mikroskopische Untersuchung ergab, dass in einer grossen Anzahl der Behälter bereits eine Umfärbung aus Gelb in ein schmutziges Gelbroth stattgefunden, bei einer mindergrossen Anzahl diese Umfärbung sogar bereits bis zu einem reinen Rosenroth vorgeschritten war. Nach 8 Tagen erschienen die Knöspchen noch viel deutlicher roth und enthielten nunmehr zahlreichere z. Th. bereits ins intensiv-Blutrothe umgefärbte Schläuche.

Ein anderer Versuch, in ähnlicher Weise angestellt, bezog sich auf das Rhizom von *Dicltra formosa*, dessen Behälter anfangs farblos, im Licht gleichfalls mit Anthocyanroth ausgestattet wurden.

Die eben mitgetheilten entwickelungsgeschichtlichen Beobachtungen und Experimente, soweit sie sich auf gewisse Fumariaceen, nämlich auf Repräsentanten der Gattung *Corydalis* beziehen, lehren, dass in den Idioblasten, welche schliesslich rothes Anthocyan enthalten, in einem früheren Stadium Anthocyangelb enthalten ist. Da sich nun, wie gezeigt, alle Uebergänge, ausgeprägt in Zwischen-

tönen, zwischen beiden Pigmenten beobachten lassen, so kann es wohl kaum einem Zweifel unterliegen, dass das rothe Anthocyan sich aus dem gelben entwickelt und dass dieser Process im Licht erfolgt.

Bei anderen Fumariaceen (z. B. *Fumaria officinalis*, *muralis*, *Dicltytra*-Arten) fehlt bei der Bildung des rothen Anthocyans die Vorstufe des gelben Anthocyans vollständig. Man sieht vielmehr in den ursprünglich farblosen Gerbstoffbehältern nur rothe Töne, erst sehr schwache, dann intensivere bis blutrothe auftreten und zwar geschieht das in allen Organen in gleicher Weise.[1]) Daher findet man bei den genannten Pflanzen in den unterirdischen Organen, welche niemals Belichtung erfahren, zeitlebens pigmentlose Gerbstoffbehälter. Auch bei diesen Fumariaceen hat die Anthocyanrothbildung (siehe oben den Versuch mit *Dicltytra formosa* und die sonstigen vorausgehenden Beobachtungen) deutliche Beziehung zum Licht.

Auch bei anderen Pflanzen scheint die gelbe Vorstufe des rothen Anthocyans vollständig zu fehlen. So habe ich sie z. B. bei einer Saxifragee (*Parnassia palustris*), einer Urticacee (*Parietaria diffusa*), einer Primulacee (*Cyclamen europaeum*), einer Gesneriacee (*Gesnera* spec.) und einer Labiate (*Coleus*), weder in unterirdischen, noch oberirdischen Organen aufzufinden vermocht.

Wenn ich oben von der Bildung des rothen Anthocyans sagte, dass sie in Beziehung zum Licht stände, so will ich bei dieser Behauptung keineswegs über die Familie der Fumariaceen hinausgehen, denn bei anderen Pflanzen kann sich die Sache anders verhalten. Ich habe nämlich gefunden, dass — bei der obengenannten Urticacee — lebenslang dem Licht entzogene Organe, nämlich die Wurzeln, regelmässig rothes Anthocyan in ihren Gerbstoffidioblasten erzeugen, so dass sie äusserlich schon rothbraun erscheinen. Hier kann also von einer Entstehung des rothen Anthocyans durch Lichtwirkung nicht wohl die Rede sein. Es müssen hier andere Ursachen vorliegen, welche die Pigmentbildung bedingen.

Das Anthocyangelb der *Corydalis*-Arten hat man in Menge in dem schöngelben Auszuge, den man durch Auskochen der Knollen von *Corydalis cava* in grösseren Quantitäten erhält. Derselbe reagirt sauer. Man trennt den gelben Farbstoff von der Gerbsäure, indem man den Extract mit Alkalien oder mit Metalloxyden, Metallsalzen etc. behandelt. Der Gerbstoff wird dabei gefällt,[2]) das Anthocyan bleibt in Lösung und ist durch die Alkalien ins Goldgelbe (Aetzkali), Olivengrüne (kohlensaures Ammoniak) oder Olivenbräunliche (Ammoniak), durch Kaliumbichromat, salpetersaures Quecksilberoxydul, Jodjodkaliumlösung, Chromsäure etc. in rothgefärbte (meist weinrothe) durch Eisenoxydsalze in olivengrüne Verbindungen, durch Osmiumsäure in eine braune Verbindung umgewandelt. Schwefelige Säure entfärbt das Pigment.

Die mikrochemischen Reactionen sind übrigens dieselben, aber man kann die Nüancen der Umfärbungen unter dem Mikroskop genauer verfolgen, als im Extract. (Vergleiche auch die auf pag. 15 gemachten Angaben).

---

[1]) Eine Ausnahme habe ich für *Adlumia cirrhosa* constatiren können, wo ich auf Querschnitten des Stengels bisweilen, aber nicht regelmässig, im Mark gelbe Idioblasten antraf (Taf. 2, Fig. 7). Ob hier vielleicht ein abnormes Verhalten vorlag, vermochte ich nicht mit Sicherheit festzustellen.

[2]) In dem Niederschlag wird sich ausser Gerbstoff auch wohl noch *Corydalin* finden.

Der wässerige Extract giebt mit Säuren, wie Salpetersäure, Schwefelsäure, Salzsäure, Essigsäure keinen Niederschlag. Zusatz von Salpetersäure liefert eine schön blutrothe Lösung (bei durchfallendem Licht), die übrigen rufen keine Verfärbung hervor. Unter dem Mikroscop wird das Gelb der Idioblasten durch Salpetersäure und concentrirte Schwefelsäure in Blutroth resp. Rosenroth übergeführt. (Das Genauere auf pag. 14 u. 15.)

Die mit Alkalien, Metalloxyden etc. erhaltenen Niederschläge der Gerbsäureverbindungen lassen sich ihrer Färbung nach unter dem Mikroscop meist weniger sicher beurtheilen, als auf dem Filter.

Was das rothe Anthocyan der Fumariaceen anbetrifft, so habe ich mich auf die mikrochemischen Reactionen beschränken müssen.

Aus den makro- und mikrochemischen Reactionen scheint mir mit Bestimmtheit hervorzugehen, dass in den Gerbstoffidioblasten der Fumariaceen ausser Gerbsäuren vorhanden ist ein besonderer Farbstoff, Anthocyan; ferner kann es wohl keinem Zweifel unterliegen, dass das als „gelbes Anthocyan“ bezeichnete Pigment der Corydalisarten sich umwandelt in ein „rothes Anthocyan.“ Die oben mitgetheilten entwicklungsgeschichtlichen Beobachtungen und die mitgetheilten Experimente dürften wohl genügende Beweise hierfür liefern.

Wenn wir nun nach einer Erklärung dieser Umwandlung fragen, so will es mir scheinen, als ob die Thatsache, dass der gelbe Farbstoff durch Säuren (Salpetersäure, Schwefelsäure, Salzsäure, Essigsäure) in einen rothen umgewandelt wird, und dass sich bei diesem Prozess alle die Zwischennüancen herausstellten, die bei der natürlichen Umfärbung beobachtet werden, darauf hinweist, dass auch in der lebenden Pflanze jene Umwandlung bewirkt wird durch Säuren.

Dieser Prozess kann kein Oxydationsprozess sein, denn er wird auch durch nicht oxydirende Säuren (wie Salzsäure) hervorgerufen. Er steht ferner, nach den entwickelungsgeschichtlichen Beobachtungen und Experimenten, unzweifelhaft in irgend einer Beziehung zum Licht. Vielleicht lässt sich diese Beziehung dahin erklären, dass in den dem Licht ausgesetzen Organen gewisse Säuren gebildet werden, welche die Umwandlung des gelben Anthocyans in rothes bewirken[1]).

Auch die Bildung desjenigen rothen Anthocyans, das bei anderen Fumariaceen vorkommt und nicht das gelbe Vorstadium besitzt, scheint auf Säurewirkung zu beruhen. Behandelt man nämlich die Idioblasten der Wurzel von *Fumaria officinalis* oder des Rhizoms von *Dicltra formosa*, welche in beiden Fällen farblos sind, mit einer Säure, z. B. Salpetersäure, so erhält deren Inhalt schön rothbraune bis blutrothe Tinction.

Da nun das rothe Anthocyan auch bei diesen Fumariaceen, wie ich zeigte, im Licht entsteht, so muss die die Rothfärbung bewirkende Säure auch hier im Licht erzeugt werden.

Wie man sieht, fasse ich die Säurebildung als ein Wesentliches bei der Anthocyan-Erzeugung auf, und diese Auffassung stimmt zu der schon im Vorausgehenden erwähnten Thatsache, dass bei *Parietaria diffusa* nicht blos in den oberirdischen Theilen, sondern auch in den unterirdischen, den Wurzeln, mögen diese auch noch so tief im Boden stecken, in den Gerbstoffbehältern rothes Anthocyan

[1]) Es wäre z. B. nicht undenkbar, dass in den oberirdischen Organen von *Corydalis cava* die Fumarsäure es ist, die unter der Wirkung des Lichtes entsteht und die der Umwandlung des gelben Anthocyans in rothes bewirkt. Thatsächlich kommt, wie ich aus Husemann, Pflanzenstoffe pag. 794 ersehe, nach Wicke (Ann. Chem. Pharmac. Bd. 49, pg. 31) diese Säure nur im Kraut, nicht in den unterirdischen Organen (Knollen) vor.

gefunden wird in solcher Menge, dass diese Theile schon äusserlich schön rothbraun erscheinen. Von einer Lichtwirkung kann hier unmöglich die Rede sein. Wahrscheinlich ist es auch in diesem Falle eine Säure, welche zur Anthocyanbildung führt: die Wurzelsäfte reagiren deutlich sauer. Ueberdies habe ich rothes Anthocyan auch in den Wurzeln einer *Gesnera* constatiren können; hier sind die Wurzeln rosenroth.

Ich habe bereits im Vorausgehenden gezeigt, dass man durch die mikroscopische Untersuchung sowohl, als durch das Experiment bei *Corydalis*-Arten alle Zwischenstufen der Umfärbung von gelbem Anthocyan in rothes nachweisen kann, und glaube daraus schliessen zu dürfen, dass das gelbe Anthocyan eine Vorstufe des rothen darstellt.

Weiterhin ergaben die erwähnten Untersuchungen, dass der gelbe Farbstoff sich ursprünglich in den Behältern (z. B. in den Sprossanlagen von Corydalis pumila, cava) noch nicht vorfindet sondern erst allmählich sich bildet, wobei alle möglichen Stufen vom kaum wahrnehmbaren Gelb bis zum leuchtendsten Gummiguttgelb durchlaufen werden.

Hiernach scheint das gelbe Pigment ein farbloses Vorstadium zu haben oder sich aus einer farblosen Pigment-Grundlage, einem Chromogen, zu entwickeln.

Der Entwickelungsgang des rothen Farbstoffes würde also bei gewissen Fumariaceen folgende drei Stadien durchlaufen: farbloses Chromogen — gelber Farbstoff — rother Farbstoff.

Ferner liess sich auch für andere Fumariaceen, wo das gelbe Anthocyan vollständig fehlt, der Nachweis führen, dass das rothe Anthocyan ursprünglich in den Gerbstoff-Behältern nicht vorhanden ist, sondern erst nach und nach auftritt, zunächst in dem zartesten Rosenroth, dann allmählich intensivere bis blutrothe Töne annehmend.

Der Entwickelungsgang dieses rothen Anthocyans scheint hiernach ebenfalls von einem farblosen Chromogen auszugehen, aber nur zwei Stufen haben: farbloses Chromogen — rothes Anthocyan.

Ich komme hier also, namentlich durch die Auffindung der Mittelstufe des gelben Pigments gedrängt, zu einer Ansicht, wie sie schon von Seiten Wigand's[1]) vor längerer Zeit ausgesprochen wurde. Wigand nennt das Chromogen Cyaneogen.

Das Anthocyan der Fumariaceen scheint in gewissen Beziehungen zum Gerbstoff zu stehen. Es kömmt nämlich stets nur in den Gerbstoffbehältern vor und bleibt hier das ganze Leben hindurch erhalten.[2]) Die Annahme, dass es in anderen Zellen entstünde und von hier aus in die Gerbstoffzellen einwanderte, ist nicht statthaft, weil bekanntlich der lebende Plasmaschlauch gelösten Farbstoff nicht diosmiren lässt; es kann also nur in den Gerbstoffzellen selbst gebildet sein.

Jene Beziehungen können, wie mir scheint, in dreifacher Weise gedeutet werden: Einmal so, dass man sich vorstellt, das als Grundlage des Anthocyan angenommene Chromogen ist mit dem Gerbstoff der Idioblasten identisch; hiernach würde die an sich zunächst farblose Gerbstoffverbindung übergeführt werden in eine an sich gefärbte.

---

[1]) Ueber die physiologische Bedeutung des Gerbstoffs und der Pflanzenfarbe „Botan. Ztg." 1862, pg. 121 ff.

[2]) Für *Phaseolus multiflorus* hat bereits Sachs in seinen bekannten „Physiologischen Untersuchungen über die Keimung der Schminkbohne" (Wiener Akad. Sitzungsber. Bd. 37 (1859) das gleiche Factum festgestellt.

Andererseits lässt sich denken, das farblose Chromogen würde gebildet auf Kosten eines Theiles des Gerbstoffs, und wandelte sich dann um zum Farbstoff, während der übrige Gerbstoff als solcher bestehen bliebe.

Endlich wäre es denkbar, dass der gerbstoffhaltige Inhalt der Idioblasten auf irgend eine Weise die Bildung eines neben dem Gerbstoff entstehenden Chromogens begünstigte.

Die erste und zweite Ansicht nehmen mithin genetische Beziehungen zwischen Anthocyan und Gerbstoff an, die dritte nicht. Nach der ersten würde eine totale, nach der zweiten eine partielle Anthocyan-Bildung aus Gerbstoff stattfinden.

Der ersten Ansicht scheint sich Wigand (l. c.) zuzuneigen, indem er sich mit Bezug auf das Blüthen- und Frucht-Anthocyan folgendermassen ausspricht:

„Die rothen und blauen Blumen sind im Knospenzustande zwar anfangs grün, später aber stets farblos und färben sich erst beim Oeffnen roth oder blau. Der blaue Zellsaft färbt sich durch Alkalien grün, dann gelb, der rothe Zellsaft zuerst blau, dann grün, zuletzt gelb. Beide Nüancen des Anthocyans werden durch Eisensalze grün oder blau gefärbt. Dieselben Erscheinungen zeigt der farblose Zellsaft der rothen und blauen Blumen im Knospenzustande, ferner bei den weissen Varietäten derselben Art, welche sonst blaue oder rothe Blumen haben, sowie bei den meisten Arten mit durchgängig weissen Blumen. Durch Alkalien wird der Zellsaft gelb, durch Eisenoxydsalze grün oder blau."

„Hieraus folgt, dass dem Anthocyan ein im Zellsaft gelöster farbloser Stoff zu Grunde liegt, und dass dieses Chromogen Gerbstoff, oder vielmehr, weil die durch schweflige Säure entfärbten, sowie die an sich farblosen Blumenblätter durch Säuren roth gefärbt werden, jene Modification des Gerbstoffes, welche wir oben als Cyaneogen bezeichnet haben. Die Verwandlung des Cyaneogens im Anthocyan beruht auf einer Oxydation".

Ich selbst könnte dieser Ansicht, wenn sie auf die Fumariaceen bezogen werden sollte, aus dem Grunde nicht beipflichten, weil sich bei den Fumariaceen und den übrigen untersuchten Pflanzen mikrochemisch wie makrochemisch noch Gerbstoff neben den Anthocyan nachweisen lässt. Dieser Befund stimmt auch überein mit den Befunden anderer Botaniker z. B. Wiesner's an anderen Objecten.

Wenn Wigand angiebt, dass man den noch farblosen Gerbstoff der Gerbstoffzellen durch Säuren umwandeln kann in eine rothe Verbindung, und umgekehrt das rothe Anthocyan mit schwefliger Säure farblos machen kann, so konnte ich diese Ergebnisse für die Fumariaceen nur bestätigen. Wenn dieser Forscher aber in ersterem Vorgange einen Oxydationsprocess, in letzterem einen Reductionsprocess sieht, so geht er, wie mir scheint, doch wohl etwas zu weit. Denn ich habe einerseits gezeigt (pag. 32), dass die Rothfärbung farblosen Gerbstoffes wie gelben Anthocyans auch durch nicht oxydirende Säuren bewerkstelligt werden kann (z. B. durch Salzsäure), andererseits ist noch gar nicht ausgemacht, ob die Entfärbung des rothen Anthocyans durch schweflige Säure nicht so zu deuten ist, dass die letztere mit dem Anthocyan eine farblose Verbindung eingeht, anstatt dasselbe zu reduciren.

Was nun die beiden anderen Ansichten betrifft; so bin ich nicht Chemiker genug, um die schwierige Frage zu entscheiden, ob das angenommene farblose Chromogen aus einem Theile des Gerb-

stoffs der Idioblasten gebildet wird, oder ob es einen Körper darstellt, der zu dem Gerbstoff keine genetischen Beziehungen zeigt. Nur das will ich anführen, dass mit den gewöhnlichen Reagentien sich ein besonderer Körper, der neben dem Gerbstoff vorhanden wäre, in den farblosen Behältern nicht nachweisen liess.

Es wäre wünschenswerth, dass die Chemiker sich dieser Frage zuwendeten und auch die in den verschiedenen Pflanzen vorkommenden Anthocyane genau untersuchten. Wahrscheinlich würde sich dabei ergeben, dass verschiedene Anthocyanfarbstoffe existiren. So vermuthe ich z. B., dass das rothe *Corydalis*-Anthocyan, das die gelbe Vorstufe besitzt, ein anderes ist, als das rothe *Fumaria*-Anthocyan, welchem diese Vorstufe fehlt, ferner dass dss fuchsrothe Anthocyan von *Gesnera* spec. ein anderes ist, als das Fumariaceen-Anthocyan etc.

Ausser Gerbstoff und Farbstoff kann in den Idioblasten auch noch Chlorophyllbildung vorkommen. Das findet natürlich nur in dem Falle statt, wenn das betreffende Gewebe selbst chlorophyllhaltig ist.

Ferner können die Idioblasten Zucker enthalten. Ich habe mich hiervon an älteren, etwa fingerdicken Wurzeln und an Stengeln von *Diclytra spectabilis* (Ende Mai) überzeugt. Beim Kochen mit Fehling'scher Lösung bildete sich ein relativ grosser, düster brauner Ballen von Gerbstoff in jedem Behälter, und diesem Ballen hafteten Körnchen reducirten Kupfers an.[1]) (Die Gegenwart von Zucker war übrigens auch in allen übrigen Gewebselementen jener Organe zu constatiren).

Ich muss hier noch eine Frage berühren, für die ich weiter oben keinen rechten Anschluss finden konnte. Es frägt sich nämlich, ob unter den Chlorophyll und Anthocyan führenden Gerbstoffbehältern der Rinde sich etwa auch solche finden, die nicht im Urmeristem entstehen. Ich glaube, dass diese Frage zu bejahen ist und zwar auf Grund folgender Beobachtungen. Am hypocotylen Glied, sowie am Stengel von *Fumaria officinalis* und anderer Fumariaceen, ferner an den Knospenschuppen von *Corydalis cava* kann man beobachten, dass sich meist ausserordentlich zahlreiche, in der Form nicht idioblastische Gerbstoffbehälter bilden, die jenen Inhalt führen. Sie haben gewöhnlich dieselbe Grösse wie die Parenchymzellen des Rindengewebes, in welchem sie liegen. Namentlich in der dicht unterhalb der Epidermis liegenden Schicht, werden sie öfters so zahlreich, dass man unmöglich annehmen kann, diese Zellen seien, wie die „primären" Gerbstoffschläuche, sämmtlich schon im Urmeristem angelegt. Man muss sich ohne Zweifel vorstellen, dass dieselben gewöhnliche Parenchymzellen seien, die durch Theilung aus anderen Parenchymzellen hervorgegangen sind, und dass in ihnen erst nachträglich Gerbstoff und Anthocyan zur Ablagerung respective Bildung kämen.

Demgemäss könnte man solche Gerbstoffzellen als hysterogene bezeichnen, im Gegensatz zu den in den Meristemen erzeugten protogenen. Die letzteren sind dann, wie oben bereits geschehen, einzutheilen in primäre, die im Urmeristem entstehen, und secundäre, die erst beim secundären Dickenwachsthum gebildet werden.

Eine scharfe Scheidung zwischen protogenen und hysterogenen Gerbstoffzellen ist vielfach nicht möglich. Zwar tragen die protogenen im Allgemeinen in Form und Grösse deutlich-, oft auffallend-

[1]) Dass ich diese Körnchen nicht etwa mit Körnchen des braunen Gerbstoff-Niederschlags verwechselte, beweist der Umstand, dass Letzterer sich bei Zusatz von Wasser vollkommen auflöst, während die Körnchen reducirten Kupfers zurückbleiben.

idioblastischen Charakter, allein in gewissen Gewebsregionen und bei gewissen Fumariaceen tritt derselbe mehr zurück.

Ob und inwieweit die protogenen Gerbstoffbehälter der Fumariaceen den Farbstoff- und Milchsaftbehältern der Papaveraceen verwandt sind, werde ich in einer späteren Arbeit darlegen, woselbst ich auch Gelegenheit nehmen werde, die physiologische Bedeutung der Gerbstoffidioblasten der Fumariaceen unter Berücksichtigung der einschlägigen Literatur in Betracht zu ziehen.

Es ist hier nur noch die Bemerkung zu machen, dass die rothes Anthocyan führenden Zellen der entwickelten Blätter und Stengel die Bedeutung eines Schutzmittels der Assimilationsgewebe meistens kaum haben können, denn einerseits treten sie hier im Allgemeinen zu zerstreut auf, andererseits liegen sie, und vielfach am zahlreichsten, in dem innersten Theile der Rinde, den Gefässbündeln angelagert, oder selbst im Mark, treten aber in der Epidermis, wo sie doch am ehesten das Assimilationsgewebe schützen könnten (mit nicht in Betracht kommenden Ausnahmen), gar nicht auf.

Ein Gleiches gilt für Parietaria diffusa (Taf. 3, Fig. 17). Die des Chlorophyllschutzes nicht bedürfenden Wurzeln sind hier mit äusserst zahlreichen Anthocyanroth führenden Gerbstoffbehältern ausgestattet.

Bei *Parnassia palustris* sind allerdings in der Epidermis den Blattflächen (der Laub- Kelch- und Blumenblätter) Blattstiele und Stengel Gerbstoffbehälter vorhanden, aber gerade in den ersteren führen sie kein Anthocyan und in den letzteren vielfach nur in den unteren, dem Boden zunächst stehenden Theilen. Hier wo nicht bloss die directen, sondern auch die reflectirten Sonnenstrahlen wirken, sind die rothen Behälter zahlreich und könnten allerdings als Schirm wirken. Auch in den unteren Stengeltheilen und Blattstielen mancher Fumariaceen (*Fumaria officinalis*, *Corydalis ochroleuca*) und den jungen aus dem Boden hervorbrechenden Rhizomen von *Dicltra formosa* sind die rothen Anthocyanzellen, wenigstens wenn die Pflanzen dem Sonnenlicht stark exponirt sind, so zahlreich, dass sie wohl zum Chlorophyllschutz beitragen möchten.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Fig. 1—13. **Corydalis cava.**

Fig. 1. Knolle der Pflanze mit Nebenwurzeln besetzt, in nat. Grösse. An der Stelle, wo die bräunliche Korkschicht abgelöst ist, sieht man das darunter liegende Fleisch, dessen Gelbfärbung durch die Gegenwart zahlreicher Idioblasten mit gelbem Gerbstoff bedingt wird.

Fig. 2. Knolle im Querschnitt, das Fleisch durch Gerbstoff-Idioblasten gleichfalls schwach gelb, in der Mitte die braune Höhlung.

Fig. 3. Eine etwas grössere und ältere, nach rechts geöffnete Hohlknolle, welche bei a und b zwei Seitensprosse in Form junger, solider Knöllchen zeigt (Mitte April).

Fig. 4. 180/1. Querschnitt durch eine Nebenwurzel, mit 5 gelben Gerbstoffbehältern in der Rinde.

Fig. 5. 180/1. Stück eines radialen Längsschnittes durch eine solche Wurzel, mit 3 gelben Gerbstoffbehältern in der Rinde.

Fig. 6. 180/1. Stück eines radialen Längsschnittes durch eine Nebenwurzel, mit der noch sehr jungen Anlage eines Seitenwürzelchens. Man sieht, dass schon in diesem Stadium die gelben Gerbstoff-Idioblasten vorhanden sind, in Form und Grösse von den umgebenden Rindenzellen noch nicht verschieden.

Fig. 7. 180/1. Axiler Längsschnitt durch die Spitze eines bereits 1 Millim. langen Nebenwürzelchens. (Das äusserste Ende der Spitze ist weggelassen.) R. R. Rinde, C. Centralcylinder, mm. Meristem der Rinde. In letzterem sind die gelben Behälter bereits angelegt, aber noch ganz kurz, weiter nach rückwärts (basalwärts) liegen ältere, bereits deutlich gestreckte Idioblasten.

Fig. 8. 180/1. Fragment eines Rinden-Tangentialschnittes durch den älteren Theil einer Adventivwurzel, mit 2 langen Gerbstoffschläuchen, deren einer nach den Enden zu verschmälert erscheint.

Fig. 9. 40/1. Stück eines Querschnittes, der durch das in Fig. 3 bei a. dargestellte Tochterknöllchen geführt wurde, mit seinen gelben Gerbstoffzellen. C. Cambium, B. Bastgruppe (Weichbast), X. Gefässgruppen, M. Mark. Bei S. Blattspurbündel. Die Punktirung in den Parenchymzellen deutet den Stärkegehalt an.

Fig. 10. 40/1. Stück eines ohngefähr radialen Längsschnittes durch eben dasselbe Knöllchen, R. Rinde, C. Cambium, X. Xylem, M. Mark.

Fig. 11. 180/1. Fragment eines Querschnittes durch eine alte Knolle, aus dem Xylem. g. Gefässgruppen, hp. Holzparenchym, Mst. Markstrahlen, M. Mark. In den Markstrahlen und im Holzparenchym einige intensiv gelben Inhalt führende Gerbstoffbehälter.

Fig. 12. 180/1. Fragmentchen eines Querschnitts durch die secundäre Rinde. C. Cambium, a. ältere, b. jüngere vom Cambium her gebildete Gerbstoffzellen mit gelber Tinction.

Fig. 13. 10/1. Hochblatt in Chromsäure liegend. Die gelben Linien deuten die Gefässbündel, die dunklen die schmal- und lang-schlauchförmigen Gerbstoffschläuche an, welche jenen im Ganzen parallel gelagert sind.

Fig. 14—18. **Corydalis Halleri.**

Fig. 14. Entwickelte Knolle in natürlicher Grösse.

Fig. 15. Querschnitt derselben, welcher den normalen Bau zeigt. C. Holzcylinder. Peripherisch die gelbe Zone der Gerbstoffbehälter, dicht unter der Korkhaut liegend.

Fig. 16. Abnorme Knolle im Querschnitt mit 3 Maserbündeln, deren jedes von einer gelben Zone (Zone der gelben Gerbstoffidioblasten) umgeben ist. Ausserdem ist in der peripherischen Region der Knolle die Zone der ursprünglich vorhandenen gelben Gerbstoffidioblasten zu bemerken. a. b. c. sind die Holztheile der Maserbündel.

Fig. 17. Einzelnes Maserbündel 5fach vergrössert. x. Holztheil mit den punktförmigen Gefässgruppen, c. Cambium, d. Bastregion mit den punktförmigen Weichbastbündeln, e. die das Maserbündel umgebende Zone gelber Gerbstoffidioblasten.

Fig. 18. 180/1. Stück eines Querschnitts durch die peripherische Zone der Rinde. a. oberflächliche Schicht in radialer Richtung zusammengedrückter Zellen mit verkorkter Wandung, b. und c. Gerbstoffbehälter.

Fig. 19—25. **Corydalis pumila.**

Fig. 19. 1/1. Knöllchen im entwickelten Zustande (Sommer).

Fig. 20. 1/1. Querschnitt desselben. Peripherisch eine Zone gelber Idioblasten.

Fig. 21. 1/1. Ein junges Knöllchen von Corydalis pumila im Herbst, mit einem Knöspchen versehen, das im nächsten Frühjahr austreiben wird.

Fig. 22. 10/1. Etwa medianer Längsschnitt durch dasselbe Knöllchen; a. vertrockneter Rest des in diesem Jahre getriebenen Laubsprosses; b. Knospe, die im nächsten Frühjahr austreiben wird. In der Mitte sieht man den schmalen Centralcylinder, der im oberen und unteren Theile reichlicher als an den übrigen Stellen gefärbte Gerbstoffidioblasten enthält und darum an diesen Stellen mit ziemlich intensivem Gelb tingirt erscheint. Rechts und links vom Centralcylinder bemerkt man die mächtig entwickelte Innen-Rinde, deren Elemente in deutliche, quer zur Längsachse gestellte Reihen angeordnet sind. In diesem als Speicherorgan dienenden, sehr stärkereichen Gewebe finden sich nur wenige gelbe Zellen eingestreut, daher fehlt selbst eine schwache Gelbfärbung dieses Gewebstheiles. Dagegen enthält die Aussenrinde G. zahlreiche Gerbstoffidioblasten mit leuchtend gelbem Farbstoff, ist daher als deutlich gelbe Schicht sofort zu erkennen.

Fig. 23. 180/1. Fragment eines extra-axilen Längsschnittes durch ein Knöllchen von den Dimensionen der Figur 1. C. C. Cambium, P. P. Holzparenchym, R. R. secundäre Rinde. Man sieht die gelben Gerbstoffidioblasten z. Th. im Holzparenchym, z. Th. in der Rinde zerstreut.

Fig. 24. 180/1. Theil eines Querschnittes durch den Stengel. Die rothen Zellen in Rinden- und Markparenchym repräsentiren Gerbstoffidioblasten.

Fig. 25. 180/1. Fragment eines Längsschnittes durch die Rinde aus der dicht über dem Boden befindlichen Stengelregion, mit 2 ziemlich bedeutend gestreckten, rothen Gerbstoffidioblasten.

Tafel II.

Adlumia cirrhosa.

Fig. 1. 180/1. Querschnitt durch ein junges, etwa 1 Millim. dickes Seitenwürzelchen unter verdünnter Chromsäure betrachtet. Es sind 9 durch das Reagens gebräunte, ursprünglich farblose Gerbstoff-Idioblasten a. im Rindentheile getroffen. Dem Centralcylinder fehlen diese Bildungen.

(Bei b. sind 2 zufällig abnorme, im Collabiren begriffene, stark rothbraun tingirte Parenchymzellen vorhanden.)

Fig. 2. 180/1. Stück eines Querschnittes durch ein etwas älteres, bereits mit secundärem Dickenzuwachs versehenes, etwa 2 Millim. dickes Würzelchen, in Chromsäure liegend. G. G. die diametral diarchen, in der Mitte zusammenstossenden Gefässgruppen. Vor der Kante einer jeden Platte ein sehr breiter Hauptmarkstrahl, an den Flanken derselben je ein Hauptgefässbündel (H. H.) C. C. C. = Cambium, Sch. Sch. = Schutzscheide. In den Gewebstheilen zwischen Schutzscheide und Cambium liegen Gerbstoff-idioblasten verschiedenen Alters und daher verschiedener Grösse. Ausserhalb der Schutzscheide, in der primären Rinde liegen gleichfalls einige grössere primäre Idioblasten pr. I.

Fig. 3 u. 4. 180/1. Fragmente eines und desselben Tangentialschnittes durch dasselbe junge 1 Millim. dicke Würzelchen, von dem der Querschnitt in Fig. 1 genommen ist. Der Schnitt ist etwa in der Richtung der Pfeile von Fig. 1 geführt und liegt, um die Idioblasten sichtbar zu machen, in Chromsäurelösung. Man sieht die Idioblasten bei Fig. 3 u. 4 b zu mehreren in Längsreihen über einander gestellt.

Fig. 5. 180/1. Stückchen eines Tangentialschnittes durch die primäre Rinde einer Wurzel von der Grösse der in Fig. 2 im Querschnitt abgebildeten. Man sieht, wie die Gerbstoffidioblasten gegen das jüngere Stadium (Fig. 3 u. 4) in tangentialer Richtung viel stärker geweitet sind (in Chromsäure liegend).

Fig. 6. 180/1. Stück eines radialen Längsschnittes durch eine $3^1/_2$ Millim. dicke Wurzel. G. Gefäss, C. Cambium, B. Bastparenchym mit durch Chromsäure gebräunten Gerbstoff-Idioblasten. Beiderlei Elemente sind mit Streifung versehen.

Fig. 7. 180/1. Stück eines Querschnitts durch den Stengel von *Adlumia* mit einem Gefässbündel. R. primäre Rinde mit einem grossen rothen Idioblasten. S. S. Schicht verdickter, dem Gefässbündel nach aussen vorgelagerter Zellen. B. B. Phloemtheil. H. Xylemtheil des Gefässbündels. C. C. Markscheide. M. Mark. In Mark und Markscheide gelbe, im Bast englumige rothe Idioblasten.

Fig. 8. 180/1. Stück eines Tangentialschnittes durch die primäre Rinde des Stengels mit mehreren rothen Idioblasten.

Fig. 9. 180/1. Tangentialschnitt aus der Region B. B. der Fig. 7 mit langen und schmalen rothen Idioblasten.

Fig. 10 u. 11. 180/1. Idioblasten aus dem Mark des Stengels, farblos, durch Chromsäure gebräunt.

Fig. 12. 180/1. Idioblast von gelblicher Färbung aus der Markkrone des Stengels.

Fig. 13. ca. 40/1. Junges Blatt mit zahlreichen blutroth gefärbten Idioblasten.

Tafel 3.

Fig. 1—6. **Fumaria officinalis.**

Fig. 1. 180/1. Stück aus dem Assimilationsgewebe vom Blattstiel eines Cotyledons mit einem anthocyanrothen Idioblasten, der die umgebenden Parenchymzellen an Länge und Dicke übertrifft.

Fig. 2. 180/1. Stück aus dem Mesophyll der Blattspreite eines Cotyledons mit 2 anthocyanrothen Idioblasten, die die umgebenden Parenchymzellen an Grösse nur wenig übertreffen.

Fig. 3a. 180/1. Idioblast aus dem Mesophyll des Laubblattes.

Fig. 3b. 180/1. Hälfte eines langzugespitzten Idioblasten ebendaher.

Fig. 4. 20/1. Oberes äusseres gesporntes Blumenblatt.[1]) Die langen roth gefärbten Linien, welche von der Basis ausgehend im Bogen sich nach dem Ende zu wenden, bezeichnen den Verlauf der sehr langen rothen Gerbstoffidioblasten, die schwarzen Linien die Gefässbündel.

Fig. 5. 20/1. Das untere äussere Blumenblatt von der Seite gesehen, mit mehreren sehr langen rothen Gerbstoffidioblasten ausgestattet.

Fig. 6. Stückchen eines der langen Gerbstoffschläuche der Fig. 6 stärker vergrössert, mit den darüber liegenden Epidermiszellen.

Fig. 7—13. **Corydalis ochroleuca.**

Fig. 7—10. 180/1. Fragmente von Radialschnitten durch die primäre Rinde eines jungen, etwa $1^1/_2$ Millim. dicken Hauptwürzelchens, die verdickten und gefärbten Gerbstoffidioblasten zeigend. In Fig. 7 ein sehr langer, an beiden Enden zugespitzter, mit dicker, poröser, geschweift-gezähnter Wandung versehener, gelber und ein kurzer nicht verdickter rother Schlauch.

Fig. 8. Drei kürzere, dickwandige Idioblasten in eine Reihe gelagert. Fig. 9. an einem Ende zugespitzter, am andern abgestutzter Schlauch. Fig. 10. prismatischer Schlauch.

Fig. 11. 300/1. Querschnitt durch einen ziemlich bedeutend verdickten Idioblasten mit Porenkanälen.

Fig. 12. 20/1. Querschnitt durch einen 5 mill. dicken Stengel, die Anordnung der farbstoffführenden Gerbstoffschläuche zeigend. Die mit dunklem Contour umzogenen sind die verdickten. Sie

[1]) Das lippenförmige Ende ist so gezeichnet, wie es sich in Folge des Auflegens des Deckglases präsentirte, in natürlicher Lage hat es etwas andere Form.

liegen in einer annähernd ringförmigen Zone, gehen aber auch in die grossen Markstrahlen und ins Mark hinein.

Fig. 13. 40/1. Hälfte eines Querschnitts durch das bereits mit secundärem Zuwachs versehene hypocotyle Glied einer jungen Pflanze. E. E. Epidermis. R. R. primäre Rinde mit zahlreichen rothen Gerbstoffbehältern; die in der Nähe der Epidermis gelegenen sind zartwandig, die mehr nach innen gelegenen verdickt. S. S. Schutzscheidenregion. Innerhalb derselben beim Dickenwachsthum aus dem Cambium entstandene gelbe Gerbstoffbehälter.

Fig. 14. **Fumaria muralis.**

Fig. 14. 80/1. Stück eines Idioblasten aus dem Mark des Stengels, mit verdickter, poröser Wand.

Fig. 15—16. **Diclytra spectabilis.**

Fig. 15. 180/1. Radialschnitt aus der Partie dicht unterhalb des Vegetationskegels. G. G. Blattspuren. Die dunkeln Zellen junge Gerbstoffidioblasten.

Fig. 16. 180/1. Radialschnitt durch ein noch sehr junges, kaum erst durch die Rinde der Mutterwurzel durchgebrochenes Seitenwürzelchen, in Goldchloridnatrium liegend. Der Schnitt zeigt, dass die Gerbstoffschläuche schon in dem jüngsten Theil der Würzelchen angelegt werden, und dass sie hier schon, wie in den späteren Stadien des Organs, theilweise continurliche, zwei bis mehrgliedrige Reihen bilden. Bei a und b sind die Reihen nur 2gliedrig, bei c d e 3gliedrig, bei f 4gliedrig. Ausserdem sind einige isolirte Behälter getroffen.

Fig. 17—18. **Parietaria diffusa.**

Fig. 17. 60/1. Querschnitt durch ein etwa 1 Mill. dickes Stengelchen. Man sieht, dass die rothes Anthocyan führenden Gerbstoffidioblasten zum grossen Theil im Grundgewebe, vorzugsweise in der Nähe der Gefässbündel, z. Th. aber auch in diesen selbst liegen.

Fig 18. 260/1. Etwa radial geführter Schnitt durch ein 2 Millim. dickes Stengelchen, nur theilweis gezeichnet. In der Rinde R eine Gerbschlauchreihe, aus 4 Zellen bestehend. S. verdickte weitlumige Zelle der Scheide, an welche sich nach innen zu eine schmälere Gerbschlauchreihe a anschliesst. B aus dem Bast, mit 2 Idioblasten von schmaler Form. H. Gruppe von Tracheiden (t) und Holzzellen (h), von welchen letzteren zwei Gerbstoff und rothes Anthocyan führen.

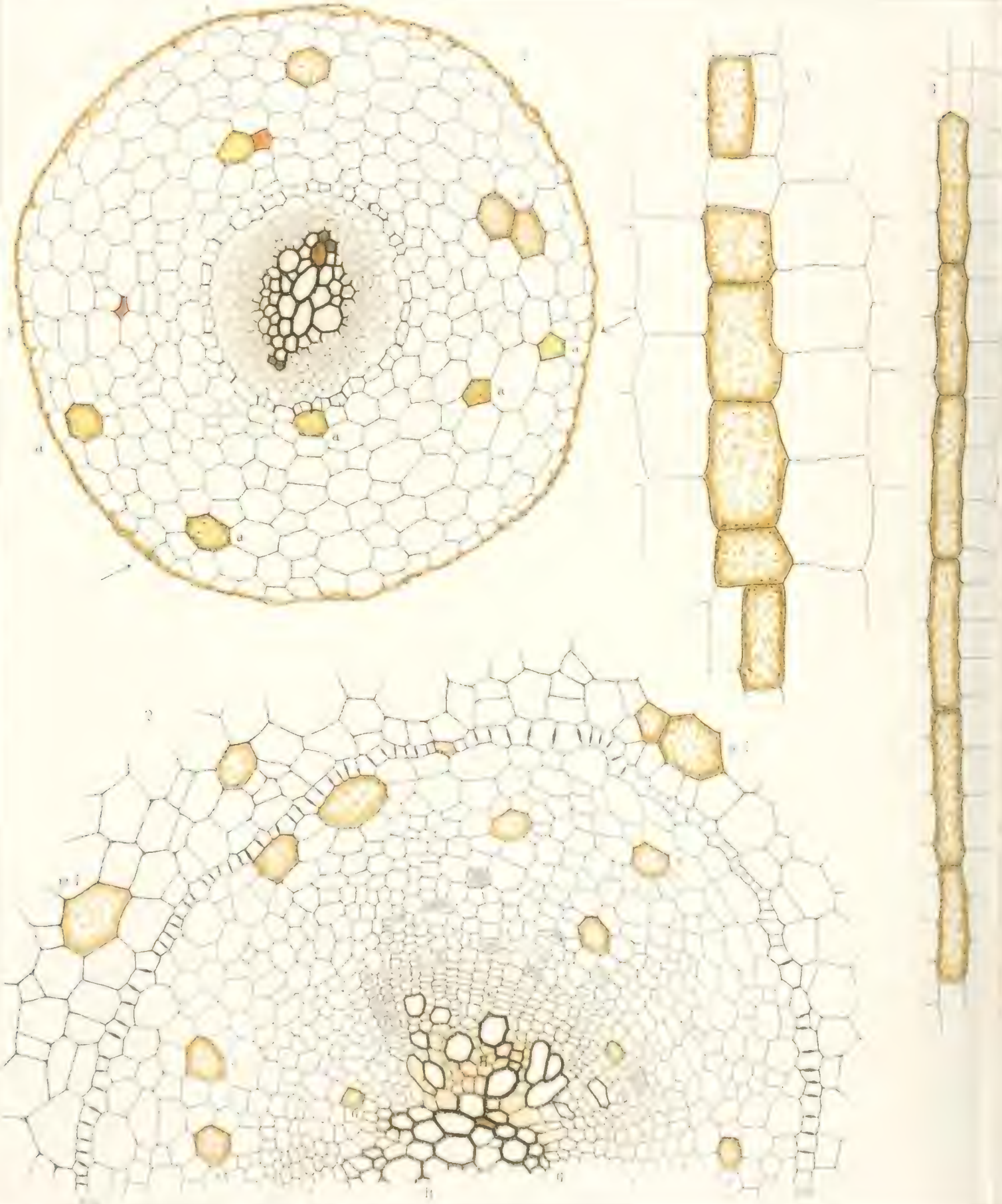
Fig. 19—22. **Parnassia palustris.**

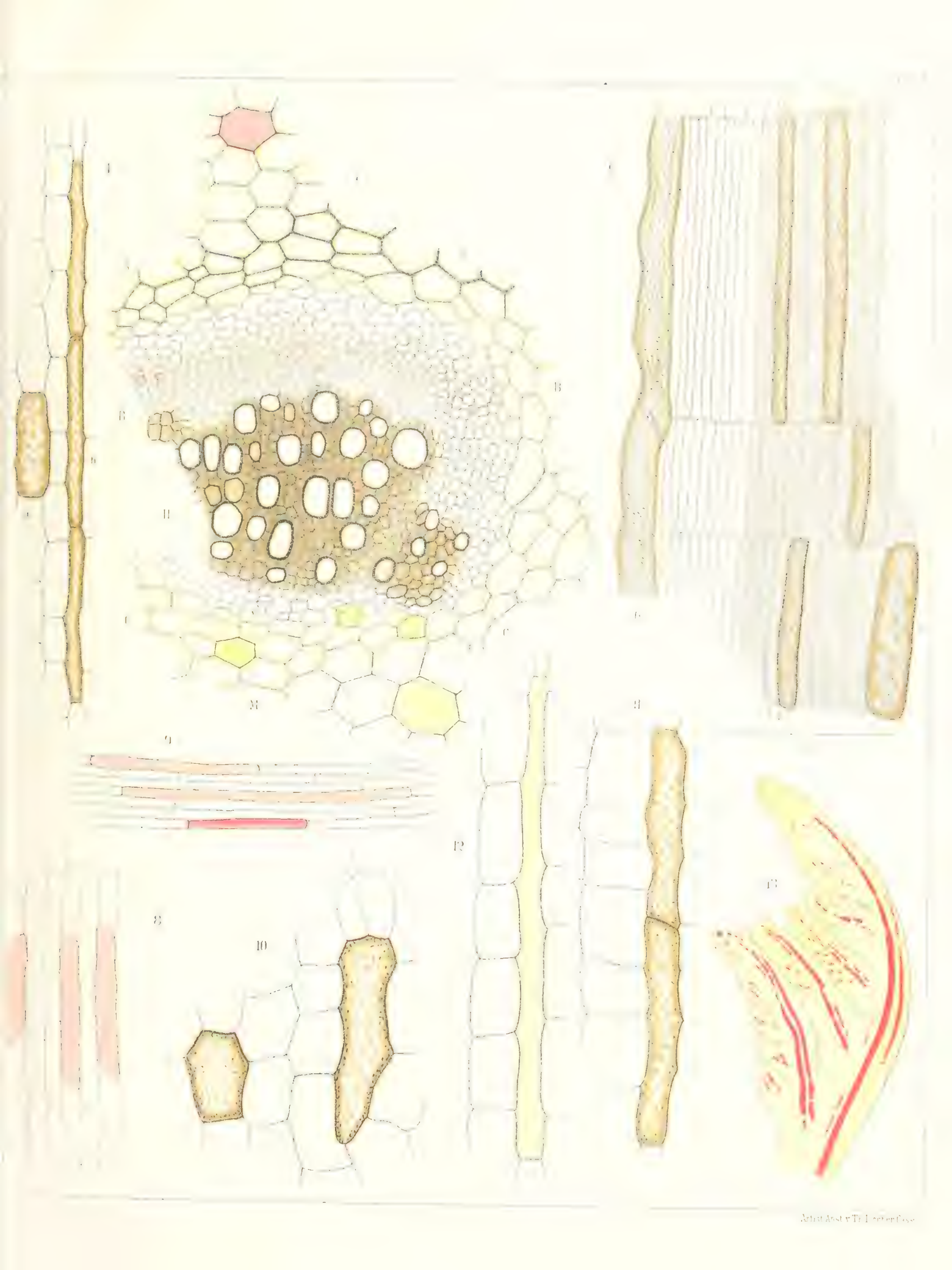
Fig. 19. 180/1. Stück von der Epidermis der Unterseite eines Laubblattes. Es zeigt 4 farblose, stark lichtbrechende Gerbstoffidioblasten, welche an Volumen die umgebenden gewöhnlichen Epidermiszellen ums Zwei- bis Mehrfache übertreffen und auch im Ganzen auffälligere Buchtungen erkennen lassen.

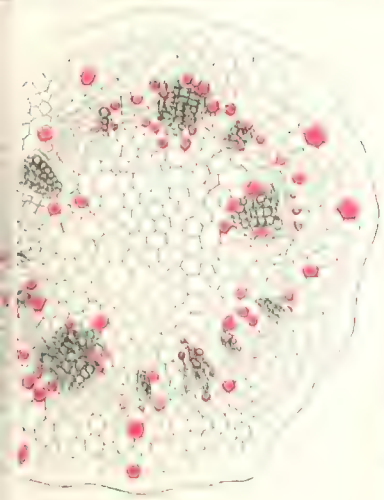
Fig. 20. 180/1. Stück von der Epidermis der röthlich gefärbten Fruchtknotenwand. Die Gerbstoffidioblasten sind voluminöser, als die umgebenden Elemente und besitzen rothen Gerbstoff.

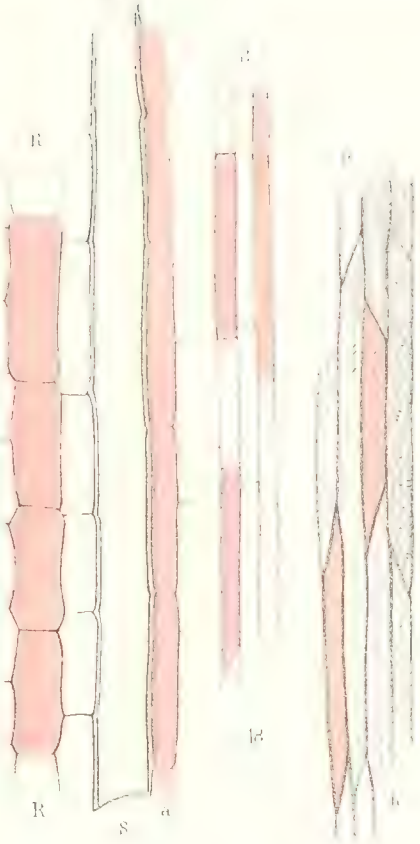
Fig. 21. 180/1. Epidermisstück von der rothgefärbten Basalregion des Blüthenschaftes mit rothgefärbten Gerbstoffidioblasten, die untersten bei A kurz, die weiter oben gelegenen bei B strecken sich etwas mehr.

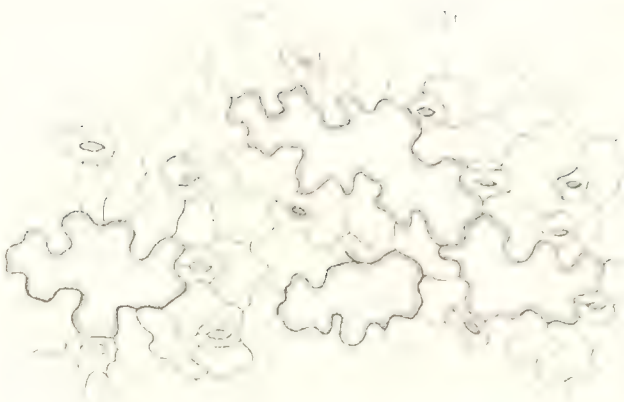
Fig. 22. 180/1. Epidermisstück von einer mehr nach dem Laubblatte zu gelegenen Region des rothgefärbten Blüthenschaftes. Gerbstoffidioblasten mit rothem Gerbstoff und, entsprechend den übrigen Epidermiselementen, von starker Streckung.

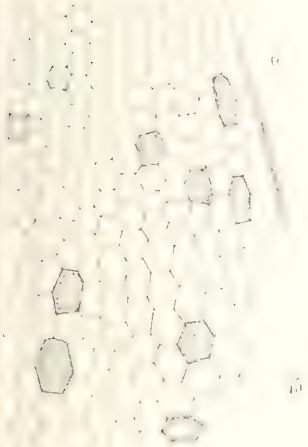


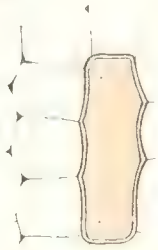


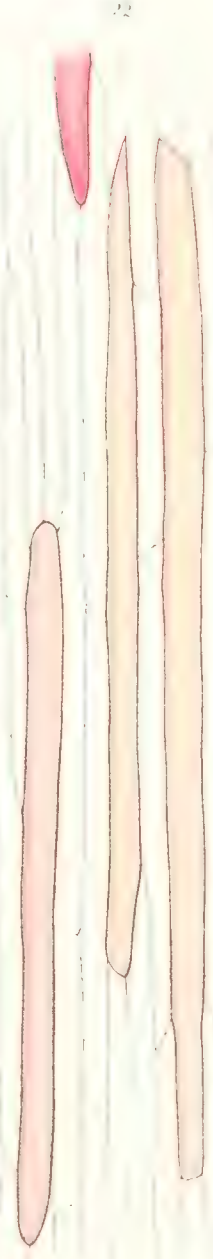


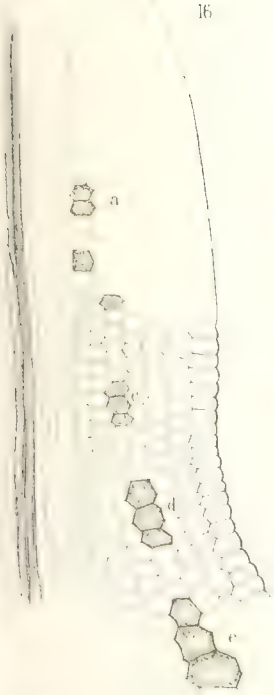

R
S
a
b

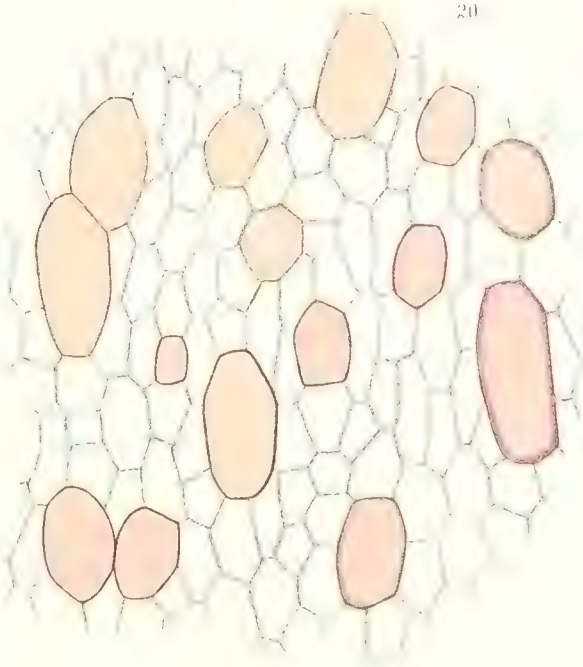









a
d
e



Verlag von Theodor Fischer in Cassel.

Bibliotheca botanica.

Original-Abhandlungen aus dem Gesammtgebiete der Botanik,

herausgegeben von

Dr. O. Uhlworm und **Dr. F. H. Haenlein** in **Cassel.**

Heft 1. enthält:

Schenck, Dr. H., Vergleichende Anatomie der submersen Gewächse. Mit 10 Tafeln. Preis 32 Mk.

Heft 2. enthält:

Zopf, Dr. W., Botanische Untersuchungen über die Gerbstoff- und Anthocyan-Behälter der Fumariaceen. Mit 3 farbigen Doppeltafeln. Preis 30 Mk.

Heft 3. wird enthalten:

Schiffner Dr. V., Ueber Verbascum-Hybriden und einige neue Bastarde des Verbascum pyramidatum. Mit 2 Tafeln.

Ferner haben Beiträge in Aussicht gestellt die Herren:

Prof. Dr. **A. B. Frank** in Berlin, Prof. Dr. **L. Kny** in Berlin, Geh. Rath Prof. Dr. **Jul. Kühn** in Halle a/S., Prof. Dr. **Leitgeb** in Graz, Prof. Dr. **F. Ludwig** in Greiz, Prof. Dr. **Reess** in Erlangen, Prof. Dr. **Russow** in Dorpat, Geh. Rath Prof. Dr. **Schenck** in Leipzig, Prof. Dr. **Vöchting** in Basel.

Die „Bibliotheca botanica" erscheint in Quartformat in zwanglosen Heften mit zahlreichen, zum grossen Theil farbigen Tafeln ausgestattet. — Jedes Heft wird einzeln abgegeben und einzeln berechnet.

Botanisches Centralblatt

Referirendes Organ für das Gesammtgebiet der Botanik des In- u. Auslandes.

Herausgegeben

unter Mitwirkung zahlreicher Gelehrten

von

Dr. Oscar Uhlworm in Cassel und **Dr. W. J. Behrens** in Göttingen.

Zugleich Organ des Botanischen Vereins in München, der Botaniska Sällskapet i Stockholm, der Gesellschaft für Botanik zu Hamburg, der botanischen Section der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur zu Breslau und der Botaniska Sektionen af Naturvetenskapliga Studentsällskapet i Upsala.

Abonnement für den Jahrgang (4 Bände in 52 Nrn.) mit 28 **M.** durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

Druck von Gebr. Gotthelft in Cassel.

BIBLIOTHECA BOTANICA.

Abhandlungen

aus

dem Gesammtgebiete der Botanik.

Herausgegeben

von

Dr. Oscar Uhlworm und **Dr. F. H. Haenlein**

in

Cassel.

(Heft No. 3.)

Dr. V. Schiffner: Ueber Verbascum-Hybriden und einige neue Bastarde des Verbascum pyramidatum. Mit 2 Tafeln.

CASSEL.
Verlag von Theodor Fischer.
1886.

BIBLIOTHECA BOTANICA.

Abhandlungen

aus

dem Gesammtgebiete der Botanik.

Herausgegeben

von

Dr. Oscar Uhlworm und **Dr. F. H. Haenlein**

in

Cassel.

(Heft No. 3.)

Dr. Victor Schiffner: Ueber Verbascum-Hybriden und einige neue Bastarde des Verbascum pyramidatum M. B. — Mit 2 Tafeln.

CASSEL.
Verlag von Theodor Fischer.
1886.

Über

Verbascum-Hybriden

und

einige neue Bastarde des Verbascum pyramidatum M. B.

von

Dr. Victor Schiffner.

(Mit 59 Figuren auf II Tafeln.)

CASSEL.
Verlag von Theodor Fischer.
1886.

Im Sommer 1885 gelangten im k. k. botanischen Garten zu Prag einige spontan entstandene Verbascum-Bastarde zur Blüthe, worunter sich einige befanden, welche durch ihr ungewöhnliches Aussehen mein Interesse auf sich zogen. Die genauere Untersuchung ergab, dass sich darunter ausser einigen bereits bekannten und beschriebenen Combinationen auch einige vorfanden, die noch nicht beobachtet oder wenigstens noch nicht beschrieben wurden; es sind folgende: *V. pyramidatum* M. B. × *nigrum* L., *V. pyramidatum* M. B. × *phoeniceum* L. und zwei verschiedene Combinationen des *V. pyramidatum* M. B. × *phlomoides* (*L. ampl.*) Meyer. Fl. Hann. Alle diese Hybriden sind schon darum sehr interessant, da ihre Stammeltern ganz verschiedenen Sectionen des grossen Genus Verbascum angehören und systematisch wie habituell sehr bedeutende Differenzen aufweisen. Ferner ist aus den Florenwerken von Marschall Bieberstein, Ledebour, Hohenacker, Boissier u. a. ersichtlich, dass die in diesen Verbindungen vorkommenden bei uns einheimischen Arten auch im Verbreitungsgebiete des im Caucasus, Iberien, Daghestan etc. endemischen *V. pyramidatum* vorkommen und ist demzufolge die Wahrscheinlichkeit vorhanden, dass die oben bezeichneten Hybriden bei genauerer Durchforschung dieser Gebiete auch wildwachsend aufgefunden werden könnten.

Diese Momente würden allein schon genügen, um eine Mittheilung über diese merkwürdigen Mischlinge und eine genauere Beschreibung derselben zu rechtfertigen.

Ob eine genaue Beschreibung von Pflanzenbastarden möglich sei, und wenn dies der Fall ist, ob dieselbe einen wissenschaftlichen Werth besitzt, darüber sind gegenwärtig die Meinungsverschiedenheiten noch nicht ganz ausgeglichen. Allerdings haben sich sehr gewichtige Urtheile gegen eine solche Beschreibung geltend gemacht; vornehmlich war es der um die Botanik und besonders um die Bastardkunde so hoch verdiente Forscher Max Wichura, der sich in seinem Werke: „Die Befruchtung im Pflanzenreich, erläutert an den Bastarden der Weiden“ pag. 49 über diesen Punkt folgendermassen ausspricht: „Ich habe darauf verzichtet, Beschreibungen der Bastarde zu geben, weil jeder Versuch sie auf diese Weise erkennbar zu machen theils nutzlos, theils vergeblich sein würde. Nutzlos in Betreff der binären Bastarde, weil eine genaue Bekanntschaft mit den echten Arten von selbst auf die Erkenntnis der Mittelformen führt, und vergeblich in Betreff der complicirten Bastarde, weil die Sprache für die feinen Nuancen, um die es sich hier handelt, nicht ausreicht.“ Diesem Urtheile haben sich W. O. Focke und andere bedeutende Botaniker angeschlossen. Von dem Standpunkte der rein beschreibenden Botanik, die den Zweck der Diagnose und Beschreibung darin sieht, dass man eine gewisse Pflanzenform wieder erkennen oder besser gesagt, dass man die systematische Identität einer gefundenen Pflanze mit der beschriebenen constatiren kann; von diesem Standpunkte aus lässt sich allerdings nichts gegen diese

Argumente einwenden. Jedoch giebt es sicher noch andere Ziele, die man durch eine genaue Beschreibung von Hybriden anstreben kann. Ich bin der Ansicht, dass es für die systematische sowie für die physiologische Botanik nicht ohne Interesse sein kann, dass an einigen bis ins Detail durchgeführten Beispielen auf die höchst merkwürdige Vereinigung und Durchdringung der verschiedenen Merkmale zweier verhältnissmässig unähnlicher Pflanzentypen, die durch ihre sexuelle Verbindung entsteht, in allen ihren Einzelnheiten hingewiesen wird. Wäre dies bei allen oder doch bei einer grösseren Anzahl der bisher bekannten Pflanzenmischlinge geschehen und hauptsächlich bei den künstlich erzeugten (da bei diesen die Entstehungsweise genau controllirbar ist), so hätte sicherlich aus diesem Schatze wissenschaftlichen Materiales die Systematik und Physiologie die weitgehendsten Folgerungen ziehen können; vielleicht wären uns dadurch die bisher noch so unklaren Gesetze der Hybridation, das Zustandekommen der hier so häufigen anormalen Bildungen und viele andere räthselhafte Erscheinungen näher gerückt worden. So aber wissen wir zur Zeit nicht viel mehr, als dass eine grosse Anzahl von Pflanzen sich theils freiwillig, theils mit Zuthun des Menschen geschlechtlich verbinden und dass aus dieser Verbindung höchst eigenthümliche Pflanzenformen hervorgehen, die wir mit dem dunklen Gefühle anstaunen, dass deren Bildung nach gewissen Gesetzen vor sich gegangen sein muss, von denen wir aber noch keine genügende Kenntnis besitzen.

Eine von diesen Gesichtspunkten ausgehende Beschreibung von Bastarden muss unzweifelhaft gestattet sein, da sie gewiss nicht des wissenschaftlichen Interesses entbehrt. Selbstverständlich genügt dann nicht eine lateinische Diagnose im Sinne Linné's, ja selbst eine noch so vollständige Einzelbeschreibung des Hybriden im Sinne der modernen Speciesbeschreibung wäre dazu nicht vollkommen ausreichend. Meiner Anschauung nach kann eine Beschreibung nur dann dem oben erwähnten Zwecke nutzbar sein, wenn jedes einzelne wichtige Merkmal der Bastardpflanze parallel mit den analogen Merkmalen der Stammpflanzen beschrieben wird. Da ferner die Stammpflanzen nach dem geographischen Verbreitungsbezirke und dem Standorte vielfach variiren, so ist es dringend zu empfehlen, die zur Beschreibung zu benützenden Stammpflanzen vom Standorte des Hybriden selbst, oder wo dies unmöglich ist, wenigstens von benachbarten und ähnlichen Localitäten zu entnehmen.

Entschieden dem Zwecke zuwiderlaufend erscheint es mir, bereits vorhandene Beschreibungen, wenn dieselben auch noch so gut und ausführlich wären, zu benützen, denn einestheils spricht dagegen die schon früher betonte Variabilität der Stammpflanzen, anderestheils der Umstand, dass nicht jeder Forscher auf dasselbe Merkmal den gleichen Werth legt. Endlich ist es selbstredend, dass die Beschreibung von naturgetreuen Detailzeichnungen und womöglich auch von einem guten Habitusbilde begleitet sein müsse.

Man wird dem entgegenhalten, dass in diesem Falle der Nutzen in keinem Verhältnisse stehe mit dem Aufwand an Arbeitskraft, es will mir jedoch scheinen, dass in der Wissenschaft die Erkenntnis allgemeiner Gesetze um keinen Preis zu theuer erkauft ist.

Ich habe mich bemüht, die folgende Beschreibung der oben angeführten Verbascum-Bastarde nach den soeben skizzirten Principien einzurichten, bevor ich aber diese Beschreibung selbst vorlege, möge es gestattet sein, einige allgemeine Bemerkungen über die Mischlinge aus diesem Genus zu machen; dabei wird sich die Gelegenheit bieten, im Voraus einige Bemerkungen über die zu beschreibenden Formen einzuflechten, die in der eigentlichen Beschreibung keinen Platz finden können.

Wenige Erscheinungen auf dem weiten Gebiete der Botanik haben in neuerer Zeit die Aufmerksamkeit der Systematiker und Physiologen in so hohem Masse auf sich gezogen als das Hybridationsvermögen, denn einestheils ist es eine höchst überraschende Thatsache, dass gewisse Pflanzen durch den Pollen anderer Arten, die oft in ihrer Erscheinung sehr verschieden davon sind, erfolgreich befruchtet werden können, und dass die aus dieser Befruchtung hervorgehende Nachkommenschaft die Eigenschaften der Stammeltern in sich vereinigt; andererseits sind diese Erscheinungen für die in jüngster Zeit so oft ventilirte Frage nach der Entstehung der Arten von ungemein hoher Bedeutung, wie dies namentlich L. Reichenbach, A. Kerner, Lecoq, Godron, Caspary, Focke und andere Forscher nachgewiesen haben. Es ist bekannt, dass das Vermögen der Bastardbildung nicht in allen Pflanzengruppen gleich ist; während in einigen Gattungen noch keine Bastarde bekannt geworden sind und alle Versuche solche künstlich zu erzeugen scheiterten, gehören sie in anderen nicht zu den Seltenheiten und lassen sich mit Leichtigkeit erzeugen. Zu letzteren gehört das Genus *Verbascum*. W. O. Focke sagt darüber: „Von allen europäischen Pflanzengattungen lassen sich nur Cirsium und Salix vergleichen in Bezug auf die Leichtigkeit, mit welcher selbst unähnliche Arten hybride Verbindungen eingehen.“

Bei der Häufigkeit der Bastarde zwischen den Arten dieser Gattung (man kennt gegenwärtig schon nahe an hundert) kann es nicht Wunder nehmen, dass unter den ersten mit Sicherheit erkannten Bastarden einer aus der Gattung *Verbascum* sich befand; es ist dies das schon Linné bekannte *Verb. lychnitis* × *thapsus*. Zu Anfang dieses Jahrhunderts wurden von Smith wieder zwei spontan entstandene *Verbascum*-Bastarde beschrieben, nämlich *V. thapsus* × *nigrum* und *V. pulverulentum* × *nigrum*.

Die Experimentatoren auf dem Gebiete der Bastardkunde richteten auch schon sehr früh ihr Augenmerk auf dieses Genus. Köhlreuter (geb. 1733) scheint der Erste gewesen zu sein, der künstliche Verbascum-Bastarde erzeugte. Nach ihm hat sich bis auf die jetzige Zeit eine Reihe bedeutender Botaniker mit der Erzeugung solcher Bastarde befasst. Ich will von der grossen Zahl derselben nur C. Fr. von Gaertner nennen, nicht nur weil er einer der bedeutendsten unter den Hybridenforschern ist, sondern auch darum, weil er in seinem für die Wissenschaft sehr bedeutenden, jedoch zahlreiche Widersprüche enthaltenden Buche „Versuche und Beobachtungen über die Bastarderzeugung im Pflanzenreiche“ bereits einen der nachstehend beschriebenen Bastarde und zwar *V. pyramidatum* × *nigrum* unter den von ihm selbst erzeugten Hybriden anführt, ohne aber eine weitere Notiz darüber zu machen.

Was die Fähigkeit Bastarde zu bilden betrifft, so ist schon oben darauf hingewiesen worden, dass diese bei Verbascum eine ungewöhnlich grosse ist. Auf diese Thatsache deutet schon die imponirende Anzahl der bereits bekannt gewordenen Combinationen und die oft erstaunliche Individuenzahl hin, in welcher einzelne derselben manchmal auftreten. Diese Erscheinungen sind um so frappanter, als fast alle bisher beobachteten *Verbascum*-Bastarde vollkommen steril sind; eine Vermehrung des Mischlings durch Samen ist also in den weitaus meisten Fällen ausgeschlossen, ebenso eine Vermehrung auf vegetativem Wege, da eine derartige Fähigkeit den Arten dieser Gattung vollständig mangelt. Jede einzelne Bastardpflanze ist das Resultat einer illegalen Befruchtung. Das Entstehen von Racen dadurch, dass Bastarde samenbeständig werden, ist bei diesem Genus noch nicht constatirt worden. Auch ist der Umstand sehr beachtenswerth, dass eine Selbstbefruchtung in einer Blüthe sehr leicht stattfinden kann,

da die Staubbeutel schon vor dem vollkommenen Oeffnen der Blüthe aufplatzen. Hält man diesem Factum die grosse Häufigkeit der *Verbascum*-Hybriden entgegen, so drängt sich von selbst die Meinung auf, dass der Pollen für die Narbe derselben Blüthe ganz oder doch grösstentheils unfruchtbar sei, was wohl darin seinen Grund haben könnte, dass die Narbe zu dieser Zeit noch nicht empfängnissfähig ist. Es dürfte also doch den Insecten (Hymenopteren und kleinen Käfern aus der Nitidulidengattung *Meligetes*, die sich oft in grosser Zahl in den Blüthen vorfinden) der Hauptantheil an der Pollenübertragung zukommen. Indessen harren noch diese Vermuthungen einer Bestätigung von Seiten der Experimental-Physiologie.

Endlich spricht für die leichte wirksame Wechselbefruchtung auch der Umstand, dass sich Typen von verhältnissmässig entfernter Verwandtschaft ganz leicht combiniren; ja es ist bekannt, dass gerade die allen anderen unähnlichste Form, das *Verb. phoeniceum* L., die meisten Bastarde bildet und es ist gerade diese Art, die sogar einen Bastard mit einer Pflanze eines anderen Genus geliefert hat, die von Maly in Wien 1879 erzogene *Celsia bugulifolia* (Lam.) Jaub. et Sp. × *Verbascum phoeniceum* L.

Schliesslich sei noch die Bemerkung gestattet, dass Focke als ein Gesetz aufstellen zu können glaubt, dass in Pflanzenfamilien mit vorwiegend actinomorphen Blüthen diejenigen Genera, welche eine Zygomorphie der Blüthe zeigen, am meisten zur Bastardbildung neigen. Von dieser Regel bildet nun das Genus *Verbascum* mit seinen nahezu actinomorphen Blüthen eine namhafte Ausnahme.

Es dürfte nicht überflüssig erscheinen, hier noch Einiges über die Eigenschaften der *Verbascum*-Hybriden anzuführen und die Ergebnisse, zu denen die Bastardforschung in Bezug auf diese hochinteressante Gattung gelangt ist, in Kürze zusammenzufassen.

Die gleichen Verbindungen zeigen im Allgemeinen eine grosse Uebereinstimmung in ihrer Erscheinung, so dass es in den weitaus meisten Fällen leicht wird, eine einmal gesehene Bastardform wieder zu erkennen. Jedoch finden sich von dieser Regel einige Ausnahmen. Ganz abgesehen davon, dass die Exemplare eines Mischlings öfters in unbedeutenden Merkmalen etwas variiren (z. B. in der Blüthenfarbe), so kommt auch manchmal dieselbe Verbindung in zwei verschiedenen Formen vor, von denen eine jede sich der einen oder der andern Stammart mehr nähert. Solche Fälle sind aber in unserer Gattung ausserordentlich selten und müssen als eine durchaus anormale Erscheinung angesehen werden. Gaertner führt ein solches Beispiel an und zwar *Verbascum thapsus* × *nigrum*, ferner beschreibt auch Borbás zwei Formen von *V. pulverulentum* Vill. × *speciosum* Schrad. Ein anderes sehr instructives Beispiel für diese seltene Erscheinung bieten die zwei von mir nachstehend beschriebenen Formen von *V. pyramidatum* × *phlomoides*. Um eine Erklärung der Entstehungsweise solcher Doppelformen bemühten sich schon die ersten Forscher auf dem Gebiete der Bastardkunde. Es wurde die anfänglich allerdings sehr bestechende Ansicht aufgestellt, dass die Bastardpflanze, je nachdem die eine oder die andere Stammart das befruchtende Princip darstellt, sich mehr dieser oder jener in der Erscheinung nähere. Jedoch schon Köhlreuter und Gaertner haben in Bezug auf *Verbascum* die Unrichtigkeit dieser Behauptung auf experimentalem Wege dargethan. Es wäre also anzunehmen, wie diess bei so vielen Bastarden der Fall ist, dass auch hier solche Annäherungen an die eine oder die andere Stammart durch Rückkreuzung entstehen. Trotz einer gegentheiligen Bemerkung Focke's scheint diese Erklärung nicht unmöglich, denn obwohl die *Verbascum*-Bastarde fast ausschliesslich steril sind, so ist es doch wahrscheinlich, dass sie, mit dem Pollen einer der Stammarten befruchtet, wenigstens in geringem Maasse

fruchtbar sind und doch manchmal einige keimfähige Samen erzeugen. Wenigstens ist, so viel ich weiss, das Gegentheil durch Versuche noch nicht nachgewiesen worden. Auch findet sich bei Gärtner die Bemerkung, dass das von ihm erzeugte *V. thapsiforme* ♀ × *nigrum* ♂ zwar völlig unfruchtbar war, aber fruchtbaren Pollen hatte, mit dem *V. Austriacum* Schrad. und *V. phoeniceum* L. erfolgreich befruchtet werden konnten. Ferner spricht für diese Erklärung die grosse Seltenheit solcher Vorkommnisse.

Wenn früher behauptet wurde, dass sich die gleichen Combinationen im Allgemeinen immer wieder gleichen, so hat dies eine kleine Einschränkung zu erfahren, denn wie auf sogenannte reine Arten, so muss auch die Macht der Lebensbedingungen, unter denen die Pflanze lebt, bei den Bastarden zum Ausdruck kommen und in der That sind bei *Verbascum*-Bastarden, die unter verschiedenen Lebensbedingungen wachsen, derartige Formverschiedenheiten wahrgenommen worden.

Bei den Hybriden von *Verbascum* ist die Durchdringung der Charaktere der beiden stammelterlichen Arten meist eine homogene, d. h. es ist kaum festzustellen, welche derselben in dem Kreuzungsproducte prävalirt. Auf einige Ausnahmen von dieser Regel ist soeben hingewiesen worden und liessen sich dem noch einige andere hinzufügen. Oft weisen aber die Bastarde erhebliche Differenzen in der Grösse und Ueppigkeit aller Organe auf. Vornehmlich ist öfters die Fülle der Blüthen bei Bastarden geradezu erstaunlich. Dies zeigte sich auch bei den von mir zu beschreibenden und namentlich bei *V. pyramidatum* × *nigrum* und den beiden Formen des *V. pyramidatum* × *phlomoides*, bei denen ich die Zahl der an einem Stocke nach und nach zum Aufblühen gelangten Blüthen auf viele Tausende schätze.

Was die geschlechtliche Potenz der *Verbascum*-Hybriden betrifft, so ist schon wiederholt darauf hingewiesen worden, dass dieselben fast ausnahmslos völlig steril sind. Ausnahmen sind sehr selten. Eine solche Ausnahme bildet der von mir beschriebene Bastard *V. pyr.* × *phoen.*, welcher die Kapsel vollständig entwickelte und dessen Samen fertil waren. Dieselben wurden im Herbste 1885 ausgesät und haben bereits eine stattliche Anzahl Keimpflanzen geliefert. Ueber die daraus hervorgehende Bastardform werde ich seiner Zeit berichten. — Die Wirkung der Befruchtung ist eine doppelte; erstlich giebt sie den Impuls zur Weiterentwickelung der weiblichen Organe in die Fruchthüllen und zweitens zur Ausbildung fruchtbarer Samen. Darnach liessen sich verschiedene Grade der Fruchtbarkeit unterscheiden. Die von mir zu beschreibenden *Verbascum*-Mischlinge standen entschieden auf der niedersten Stufe der Fruchtbarkeit, denn die Ausbildung der Frucht blieb auf den ersten Anfängen stehen, die Kapsel entwickelte sich kaum zum vierten Theile der normalen Grösse und starb bald nach dem Verblühen ab. Im Gegensatze dazu sind die Blendlinge zwischen verschiedenen Racen derselben Art fruchtbar, z. B. die zwischen der weissblühenden und der gelbblühenden Form des *Verbascum Lychnitis*, jedoch zeigte sich nach Gärtner's Versuchen selbst hier in einigen Fällen wenigstens eine Verminderung der Fruchtbarkeit.

Die Lebensdauer der *Verbascum*-Bastarde beschränkt sich wohl meistens auf zwei Jahre, doch scheinen die Combinationen des perennirenden *Verb. phoeniceum* L. eine Ausnahme davon zu machen, wenigstens war das *V. pyramidatum* × *phoeniceum* des Prager Gartens sicher mehrjährig, denn es hat im heurigen Frühlinge (also im 3. Jahre) bereits wieder eine üppige Grundblätterrosette entwickelt. Das erste Jahr wird eingenommen von der Bildung der grundständigen Blattrosette, erst im zweiten Jahre entwickelt sich der Stengel. Fälle, wo *Verbascum*-Hybriden schon im ersten Jahre zur Blüthe gelangen, scheinen

ungemein selten zu sein, jedoch ist mir ein solcher aus dem Prager bot. Garten bekannt geworden. Die Pflanze ist aber dann immer klein und schwächlich.

Zum Schlusse muss noch darauf aufmerksam gemacht werden, dass sich Misbildungen und anormale Erscheinungen bei Bastarden sehr häufig und zwar häufiger als bei den reinen Arten finden. Die Vermehrung der Staubgefässe auf sechs, die schon von Gärtner angegeben wird, fand auch ich an einigen Blüthen von *V. pyramidatum* × *nigrum*. Es waren dann immer vier grössere und zwei kleinere vorhanden. Ferner wird angegeben, dass der Pollen oft missfarbig sei und dass die Staubfadenwolle manchmal vermehrt erscheint. Ueber diese Punkte geht mir die Erfahrung ab; jedoch beobachtete ich bei *V. pyramidatum* × *nigrum* eine andere nicht uninteressante Missbildung. In jedem Blüthenbüschel waren nämlich die untersten 3—4 Blüthen mit ihren Blüthenstielen so verwachsen, dass der gemeinsame Blüthenstiel vollkommen plattgedrückt erscheint und eine kleine Fasciation darstellt. Diese eigenthümliche Erscheinung wiederholte sich bei fast allen Blüthenbüscheln der von mir untersuchten Pflanze.

Nicht minder interessant ist folgende Beobachtung, die ich an *V. pyramidatum* × *phoeniceum* machte. Die zuerst entwickelten Blüthen dieser Pflanze waren auffallend gross und zeigten die bekannte undefinirbare kupferbraune Farbe wie die Blüthen anderer Bastarde gelbblühender Verbasca mit dem *V. phoeniceum*. Die später aufgeblühten waren viel kleiner und ihre Farbe näherte sich mehr einem bräunlichen Gelb, ja die zuletzt erblühten zeigten nur noch eine sehr geringe Beimengung des braunen Farbentones. Diese Erscheinung war besonders auffallend an abgeschnittenen Zweigen, die in ein Gefäss mit Wasser gestellt sich im Zimmer noch lange frisch erhielten und täglich neue Blüthen zur Entwickelung brachten.

Hier muss ich noch eines ähnlichen Falles gedenken, den ich an *V. pyramidatum* × *per-phlomoides* beobachtete. Bei der habituell von *V. phlomoides* allerdings sehr abweichenden Pflanze zeigten sich die zuerst entwickelten Blüthen vollständig denen dieser Art ähnlich, sowohl in der Gestalt, als auch in der Farbe aller Theile, besonders war die Staubfadenwolle vollkommen weiss gefärbt und zeigte kaum einen violetten Anhauch, auch waren die dunkleren dreieckigen oder besser gesagt strahlenförmigen Schlundflecke der Blumenkrone hochgelb wie bei *V. phlomoides*. Die späteren Blüthen stellten sich anders dar. Die Staubfadenwolle nahm eine sehr deutliche violettrothe Färbung an und die Schlundflecke zeigten ein mehr gelbbraunes Colorit.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen lasse ich die nach den Eingangs kritisirten Principien angelegte Beschreibung der neuen im Prager k. k. botanischen Garten spontan entstandenen Bastarde folgen.

V. pyramidatum M. B.

Stengel oft bis gegen 2 m hoch, kräftig, am Grunde bis 2 cm im Durchmesser, reich beblättert, vielkantig, die Kanten mit stark flügelig vortretenden Leisten (Tab. I. F. 2); kurz, aber dicht behaart; nach oben starkästig. Meist über 30 dichtblüthige, nach aufwärts gekrümmte Aeste formiren eine eiförmig-pyramidale, oft über 70 cm lange Rispe.

Aeste fast drehrund oder wenig kantig. Behaarung wie am Stengel.

Blätter der grundständigen Rosette sehr gross, 5 dm lang, zungenförmig, Spitze abgerundet, gegen den Grund zu sehr allmälig, keilförmig in den kurzen Blattstiel verschmälert. Letzterer

geflügelt; Flügelrand kaum mehr als 1 mm breit. Blattrand unregelmässig-lappig gezähnt. Lappen stumpf; Rand wellig verbogen (T. 1. F. 5). Rippen oberseits eingedrückt, unterseits stark hervortretend. Die oben flache Hauptrippe daselbst sehr schwach behaart. Blattfläche oben mattgrün, zerstreut behaart, unten lichter, dicht kurzhaarig (auch zwischen den Rippen).

Haare der Stengel und Blätter (T. I. F. 8) drüsenlos, sternförmig, niedrig.

Stengelblätter zahlreich, länglich herzförmig, sitzend oder kaum merklich gestielt, allmälig zugespitzt; mit herzförmig geöhrelter Basis. Rand crenulirt-gezähnt, Zähne (besonders gegen die Basis hin) mit kleinen Spitzchen. Behaarung und sonstige Beschaffenheit wie bei den Grundblättern; wenig glänzend.

Deckblätter viel länger als der Blüthenstiel, länger selbst als der Kelch; lancettlich, lang zugespitzt.

Trauben des Blüthenstandes dichtblüthig. Blüthen einzeln (selten zu zwei) in den Winkeln der Deckblätter.

Blüthenstiel kürzer als der Kelch, behaart, aufrecht abstehend.

Kelch 6—7 mm lang, bis über die Mitte gespalten; Zipfel aufwärts abstehend, oval-lancettlich, sehr spitz, wie die Blüthenstiele dicht behaart mit grösseren Sternhaaren und zahlreichen kurzgestielten Drüsen.

Corolle ziemlich gross, bis 2,5 cm diam., flach trichterig, Saum ausgebreitet, Zipfel breit-eiförmig; aussen dicht bedeckt mit Sternhaaren und sehr wenigen dazwischenstehenden Papillen; schön goldgelb, nicht glänzend, gegen den Grund hin mit einigen braunrothen Stricheln (die keine Haare tragen).

Die längeren Staubgefässe: Filamente über 5mal so lang als die Anthere, orangeroth, an der Innenseite bis unter die Anth. dicht blass-violettwollig, aussen auf ein Viertel der Länge unter der Anth. kahl, Basis ebenfalls kahl (T. I. F. 13).

Die kürzeren mindestens 4mal so lang als die Anth. bis unter diese dichtwollige Wolle röthlich-violett, nach oben weisslich (T. I. F. 14).

Antheren alle nierenförmig, nicht herablaufend, orangeroth (T. I. F. 15).

Griffel fast doppelt so lang als die kürzeren Staubgefässe, grün.

Narbe grünlich, nicht oder kaum herablaufend (T. I. F. 16).

Kapsel den aufrechten Kelch um $^1/_3$ der Länge überragend, ellipt., etwas zugespitzt, dicht sternhaarig ohne Drüsen. Griffel sehr lange persistent (T. I. F. 18).

Die Samen klein, rundlich, schwarz.

V. pyramidatum × phoeniceum.

Stengel ca. 1,5 m hoch, schlank, höchstens 1 cm stark, etwas entfernt beblättert; vielkantig; Kanten scharf, aber keineswegs flügelig vortretend (T. I. F. 3), dicht behaart. Nicht stark-ästig; die 8—12 schlanken, bogig aufsteigenden Aeste bilden eine lockere unregelmässige Rispe (T. I. F. 1).

Aeste deutlich kantig. Behaarung wie am Stengel.

Grundblätter bis 3,5 dm lang. Spitze stumpf, gegen den Grund zu gleichmässig wie gegen die Spitze verschmälert, mit einigen grossen lappenartigen Zähnen in den Blattstiel übergehend.

Blattstiel $^1/_5$ der Gesammtlänge des Blattes.

Rand unregelmässig lappig, etwas wellig (T. I. F. 6).

Blätter sonst wie bei V. pyr., jedoch überall schwächer behaart, zwischen den Rippen unterseits fast kahl.

Haare (T. I. F. 9) drüsenlos, hoch, dichotom verzweigt.

Stengelblätter ziemlich entfernt, kleiner, herzförmig, sitzend oder sehr kurz gestielt, sonst denen des *V. pyr.* ähnlich, dunkelgrün, ein wenig glänzend.

Deckblätter kürzer als der Blüthenstiel.

Blüthentrauben schlank, locker. Blüthen einzeln.

Blüthenstiel bis doppelt so lang als der Kelch, nach auswärts gekrümmt.

Kelch 5—6 mm lang, bis über die Mitte gespalten, mit breit becherförmiger Basis und abstehenden, breit-lancettlichen spitzen Zipfeln. Haare einfach oder verzweigt, drüsenlos, dazwischen sehr zahlreiche Drüsenhaare (T. I. F. 11, 12).

Corolle gross, bis gegen 3 cm diam., radförmig, Zipfel breit, fast kreisförmig, aussen nur gegen den Rand mit einigen einfachen oder verzweigten Haaren. Farbe etwas wechselnd: die ersten Blüthen licht bräunlichgelb, aussen mehr rothbraun (der braune Farbenton unregelmässig, an einzelnen Stellen intensiver. Die letzten übrigens auch viel kleineren Blüthen blasser, mehr schwefelgelb. Gegen den Grund hin mehrere braunviolette Striche, auf denen sich ziemlich viele violette Haare von der Form derer der Staubgefässe befinden.

Die längeren Staubgefässe: Filam. 5mal so lang als die Anth. orangeroth, auf der Innenseite bis unter die Anthere mit langen oben kolbig-verdickten, schön violetten Wollhaaren besetzt, aussen im oberen Viertel kahl, Basis kahl. Die kürzeren ebenso gebaut, wie bei V. pyram., jedoch herrscht auch hier die violette Farbe vor (T. I. F. 13, 14, 15).

Antheren ebenso wie bei *V. pyr.*, jedoch an den Rändern in's Violette.

Griffel ebenso wie bei *V. pyr.*, aber violettroth.

Narbe grünlich, zu beiden Seiten deutlich herablaufend (T. I. F. 17).

Kapsel in der Form der des *V. phoen.* ähnlich, ziemlich dicht mit verzweigten Haaren und Drüsen bedeckt (T. 1 F. 19).

Samen rundlich, dunkelbraun.

V. phoeniceum.

Stengel höchstens 1 m hoch, sehr schlank, ca. 0,5 cm dick, armblätterig, drehrund mit schwach vortretenden stumpfen Kanten (T. I. F. 4), die in der Rispe (resp. Traube) deutlicher hervortreten. Stengel am Ende eine einfache Traube bildend oder seltener eine mit 1—2 Seitenästen versehene Rispentraube.

Aeste (falls sie vorhanden sind) kurz, ziemlich deutlich kantig, ziemlich stark behaart.

Grundblätter mehr eiförmig ca. 2,5 dm lang. Spitze stumpf. Am Grunde ziemlich plötzlich verschmälert, ohne lappige Zähne daselbst.

Blattstiel bald länger, bald kürzer, oft beträchtlich lang, Rand mit wenig vortretenden stumpfen Ausrandungen, oft fast ganzrandig; nicht wellig (T. I. F. 7).

Hauptrippe mit dichten langen Haaren besetzt. Fläche oben dunkelgrün, glänzend, kahl; unten lichter, auf den Rippen mit langen zerstreuten Haaren.

Haare (T. I. F. 10) mit kleiner Drüse, lang, mehrzellig, einfach.

Stengelblätter nur wenige, entfernt länglich oder breit-lancettlich; Basis nicht herzförmig, verschmälert, die obersten rhombisch, Zähne unregelmässig grob, mit Spitzchen, Oberfläche dunkelgrün glänzend.

Deckblätter sehr klein, meist nur ½ oder ¼ der Stiellänge erreichend.

Blüthentrauben sehr locker. Blüthen einzeln.

Blüthenstiel mehrmals länger als der Kelch, fast horizontal abstehend.

Kelch (bei kräftigen Exempl.) bis 6 mm lang, bis fast zum Grunde getheilt; Zipfel stark abstehend, lineal-lancettlich, meist spitz.

Dicht drüsenhaarig (T. I. F. 12).

Corolle ca. 2 cm. diam., radförmig, Zipfel breit-eiförmig oder fast kreisförmig, vollständig kahl, dunkel trüb-violett, gegen den Grund hin in's Dunkelbraune, von violetten Haaren dicht gebartet.

Die längeren, sowie die kürzeren Staubgefässe stimmen mit denen des Bastardes im Wesentlichen überein, nur sind die Filamente mehr weniger violett gefärbt (T. I. F. 13, 14, 15).

Antheren wie bei dem Bastard, die violette Farbe aber noch deutlicher.

Griffel violett.

Narbe herablaufend.

Kapsel länger als der ausgebreitete Kelch, eiförmig, ziemlich spitz, kahl (T. I. F. 20).

Samen wie bei *V. pyram.*

Verbascum pyramidatum × nigrum.

Stengel bis 1,5 m hoch, kräftig, reichbeblättert, nach oben in eine aus mehr als 30 Aesten bestehende Rispe getheilt, ebenso wie bei *Ver. pyr.* Stengel vielkantig, die Kanten stark geflügelt; ebenso die Zweige, hie und da rothbraun angelaufen (T. II. F. 5).

Blätter der Grundrosette sehr gross, länglich-eiförmig, fast zugespitzt, gegen den Grund zu ziemlich scharf in den Blattstiel übergehend. Letzterer fast ⅓ der Gesammtlänge des Blattes erreichend, ziemlich breit geflügelt, roth angelaufen. Blattrand etwas wellig, unregelmässig lappig-gezähnt, Zähne gekerbt, stumpf (T. II. F. 1).

Behaarung der Grundblätter wie bei *V. pyr.* Die Haare entweder länger gestielte Sternhaare, deren Stiel 1—3zellig ist oder Sternhaare mit mehreren Virteln. Behaarung der Zweige, Deckblätter, Kelche und Stiele fast grauwollig von dichten, kurz gestielten einfachen Sternhaaren, worunter wenige kurzstielige bis sitzende Drüsen stehen (T. II. F. 3).

Stengelblätter zahlreich, länglich-oval, bis weit über die Mitte des Stengels herauf alle gestielt, ziemlich plötzlich in den mehr weniger langen Stiel verschmälert; allmählich zugespitzt, Hauptnerv oft roth angelaufen; die oberen mit deutlich herzförmiger Basis, sitzend, unregelmässig grobzähnig, Zähne stumpf oder mit sehr kleinem Spitzchen (T. II. F. 5).

Deckblätter lineal-lancettlich, lang und schmal zugespitzt, länger als der Kelch.

Trauben des Blüthenstandes dichter als bei *V. pyr.* (T. II. F. 5).

Blüthen in 2—4blüthigen Büscheln, Blüthenstiel länger als der Kelch, aufrecht abstehend (T. II. F. 5).

Kelch ziemlich klein, etwa 5—6 mm lang, bis über die Mitte gespalten, Zipfel lancettlich, sehr spitz.

Corolle klein, 15—18 mm breit, flachtrichterig, Saum ausgebreitet, deutlicher zygomorph, Zipfel spatelig, aussen mit ziemlich dichten Sternhaaren und aussen wie innen mit zahlreichen einzelligen Papillen besetzt; goldgelb, nur im äussersten Grunde glänzend, gegen den Grund mit 5 dreieckigen, dunkel-violettbraunen Flecken und in der Röhre ebensolche Stricheln.

Die längeren Staubgefässe: Filam. über 5mal so lang als die Anthere, orangeroth, am Grunde kahl bis auf mehr als $^1/_3$ der Länge, sonst innen bis zur Anthere, aussen bis auf ein Stück unter der Anthere mit intensiv violetter Wolle bedeckt (T. II. F. 10).

Die kürzeren Staubgefässe: Filamente mehr als 4mal so lang als die Anthere, sonst im Bau und der Behaarung wie die grösseren (T. II. F. 11).

Antheren alle nierenförmig, regelmässig, orangeroth (T. II. F. 14).

Griffel viel länger, fast doppelt so lang als die Stamina, etwas gebogen, grün. Narbe wenig herablaufend, fast kopfig (T. II. F. 15).

Kapsel klein, unentwickelt, dichtfilzig.

Blüthezeit: Juli (im Jahre 1885).

Alle Theile der Pflanze beim Zerreiben von deutlichem Scrophulariengeruche, während dies bei *V. pyr.* nicht der Fall ist.

Verbascum nigrum L. sp. 253.

Stengel 0,5 m bis 1 m hoch, ziemlich kräftig, reichblätterig, Rispe mit wenigen Aesten, in selteneren Fällen nur eine einfache Traube. Stengel und Aeste vielkantig, stark geflügelt, meist röthlich angelaufen.

Grundblätter nicht sehr gross, länglich-eiförmig, mit herzförmiger Basis. Blattstiel verhältnissmässig lang, oft die halbe Länge des Blattes einnehmend, kaum geflügelt, meist rothbraun tingirt. Rand kaum wellig mit stumpfen Kerbzähnen (T. II. F. 2).

Behaarung der Grundblätter bald sehr spärlich, bald dicht graufilzig. Haare ähnlich wie bei dem Bastard, aber oft noch reicher verzweigt (T. II. F. 4).

Die übrige Behaarung wie bei dem Bastarde, die Drüsen fehlen aber hier.

Stengelblätter weniger zahlreich, nach oben rasch an Grösse abnehmend, fast alle mit einem mehr weniger deutlichen Stiel. Basis der untersten etwas herzförmig, die der oberen abgerundet. Rand kerbig-gezähnt.

Deckblätter schmal; viel länger, meist zweimal so lang als der Kelch.

Trauben sehr dicht.

Blüthen in 7 bis mehrbl. Büscheln, Stiel länger als der Kelch (T. II. F, 6).

Kelch klein, 4—5 mm lang, bis fast zum Grunde gespalten, Zipfel schmal-lancettlich, nach aussen abstehend.

Corolle klein, 14—15 mm diam., flach, radförmig ausgebreitet, deutlich zygom. mit sehr wenigen, meist nur einfach dichotomen Haaren, aber sehr zahlreichen Papillen besetzt (T. II. F. 8, 9), goldgelb, matt; Schlundzeichnung wie bei dem Bastard (T. II. F. 7).

Die längeren Staubgefässe wie bei dem Bastarde, die Behaarung aber auch innen unter der Anthere fehlend (T. II. F. 12).

Die kürzeren Staubgefässe wie bei dem Bastard, aber unter der Anthere ringsum kahl (T. II. F. 13).

Antheren ebenso wie bei dem Bastarde.

Griffel nicht viel länger als die Stamina, sonst wie bei *V. pyr.* × *nigrum* (T. II. F. 16).

Kapsel eiförmig, mit deutlicher Furche, weich und fein, flaumig-filzig (T. II. F. 17).

Blüthezeit: Juli bis September.

Geruch beim Zerreiben stark, widerlich.

V. phlomoides × per-pyramidatum.

Stengel gegen 2 m hoch, sehr kräftig, über 2 m dick, scharfkantig, die Kanten jedoch keineswegs geflügelt. Nach oben in mehr als 20 Aeste getheilt, die eine sehr grosse ausgebreitete Rispe bilden.

Grundblätter sehr gross, zungenförmig, Spitze abgerundet oder schwach zugespitzt, am Grunde allmählig in den sehr kurzen, beiderseits bis 2 mm breit geflügelten Stiel verschmälert, Rand stark wellig verbogen, grob-lappig gesägt. Lappen stumpf oder etwas spitz. Rippen oben stark eingedrückt, unten sehr hervortretend. Obere Fläche deutlich sternhaarig, keineswegs grau-filzig, sondern dunkelgrün wie bei *V. pyr.*, unterseits dicht behaart, aber nicht filzig (T. II. F. 18).

Haare der Blätter und der unteren Stengelpartien sternförmig, länger gestielt mit einem Strahlenvirtel oder ziemlich lang mit 2—3 Virteln (T. II. F. 21, 22).

Stengelblätter breit, herz-eiförmig mit herzförmig geöhrelter Basis, plötzlich in eine ziemlich lange schmale Spitze auslaufend. Rand crenulirt-gezähnt. Zähne unregelmässig, breit, plötzlich in ein deutliches Spitzchen zusammengezogen. Blattspitze fast ganzrandig; in Behaarung, Farbe u. s. w. wie die Grundblätter.

Deckblätter etwas länger als der Kelch, breit-lancettlich, lang zugespitzt.

Die einzelnen Blüthentrauben dichtblüthig, bogig, aufwärts gekrümmt (T. II. F. 25).

Blüthen fast immer zu zwei, von einem Deckblatte gestützt, über einander stehend, die obere blüht zuerst auf. Stiel so lang als der Kelch, aufrecht.

Kelch ca. 7 mm lang, eiförmig, Zipfel aufrecht-abstehend, breit-lancettlich, spitz mit deutlicher Mittelrippe.

Aeste, Deckblätter, Stiele und Kelche von einfachen oder doppelquirligen Sternhaaren und untermischten Stieldrüsen, dünnfilzig, etwas grau.

Corolle gross, fast 4 cm breit, etwas trichterig, aussen dicht mit niedrigen Sternhaaren bedeckt: schön goldgelb, innen im Grunde in's orangebräunliche und daselbst etwas glänzend, sonst matt (T. II. F. 25).

Die grösseren Staubgefässe: Filamente über 4 mal so lang als die Anthere, orangeroth, gebogen, Aussenseite völlig kahl, Innenseite bis fast zur Anthere hinauf mit Wollhaaren bedeckt, die unten blass purpurviolett, oben weisslich sind. Ihre Antheren schief, nierenförmig, einseitig etwas herablaufend, orangeroth (T. II. F. 27).

Die keineren Staubgefässe nicht viel kürzer, fast gerade, Filamente bis unter die Anthere allerseits wollig, Wolle blass purpurviolett, unter der Anthere fast weiss. Antheren vollkommen regelmässig (T. II. F. 28).

Griffel nicht viel länger als die längeren Staubgefässe, grün, oben verdickt, kahl, unten sternhaarig (T. II. F. 33).

Narbe deutlich herablaufend.

Kapsel unentwickelt (T. II. F. 34).

Blüthezeit: Juni bis Ende Juli.

Alle Theile der Pflanze geruchlos.

Verbascum pyramidatum × per-phlomoides.

Stengel, Grösse und Wuchs wie bei *V. phlom.* × *per-pyr.*

Grundblätter in der Gestalt denen des vorigen Bastardes ganz ähnlich, der Rand jedoch wenig wellig, Rippen oben weniger eingesenkt, beiderseits dicht graufilzig behaart, fast wie bei *V. phlom.* (T. II. F. 19).

Haare wie bei *V. phlom.*

Stengelblätter oval-länglich, die unteren an der Basis abgerundet, die oberen mehr herzförmig mit langer schmaler Spitze. Rand deutlich kerbig-gezähnt, mit etwas spitzen Zähnen, sehr dicht graufilzig.

Deckblätter des ganzen Blüthenbüschels viel länger als der Kelch, ausserdem hat noch jede Blüthe ihr eigenes kleineres Deckblatt.

Blüthentrauben sehr dichtblüthig, stark nach aussen gekrümmt.

Blüthen in trugdoldigen Büscheln von 5—7 Blüthen. Stiel ziemlich so lang als der Kelch, aufrecht-abstehend.

Kelch wie bei dem *V. phlom.* × *per-pyr.*

Aeste, Deckblätter u. s. w. von längeren Sternhaaren, graufilzig.

Corolle gross, ca. 4 cm diam. wie bei dem vorigen Bastarde, Sternhaar der Aussenfläche lang, Innenseite mit zahlreichen Papillen.

Die grösseren Staubgefässe: Filam. 4mal so lang als die Anthere, orangeroth, aussen völlig kahl, innen nur in der Mitte mit Wollhaaren, die nicht sehr dicht stehen, anfangs weiss, später blasslila gefärbt sind. Antheren schief, nierenförmig, ziemlich stark herablaufend, orangeroth (T. II. F. 29).

Kleinere Staubgefässe wie bei dem vorigen Bastard. Staubfadenwolle, nur am Grunde blass-lila, sonst weisslich (T. II. F. 30).

Griffel gekrümmt, länger als die Staubgefässe, sonst wie bei dem vorigen Bastard (T. II. F. 35).

Narbe ziemlich weit herablaufend (T. II. F. 36).

Kapsel unentwickelt.

Blüthezeit: Juli.

Alle Theile geruchlos.

Verbascum phlomoides L. Schrd. genuinum.

Stengel bis 2 m hoch, sehr kräftig, über 2 cm dick, kaum kantig, einfach oder in eine aus wenigen Aesten zusammengesetzte Rispe verzweigt.

Grundblätter denen der Bastarde ähnlich, Stiel breit (bis 5 mm), geflügelt, Rand fast flach, bloss gekerbt-zähnig, Basis ganzrandig. Rippen oben nur schwach eingesenkt; beide Flächen dicht graufilzig (T. II. F. 20).

Haare sehr lang, mit 3—6 langstrahligen Virteln (T. II. F. 23, 24).

Stengelblätter oval oder länglich-eiförmig, zur Basis abgerundet, nicht herzförmig geöhrelt, in eine lange schmale Spitze auslaufend; Rand deutlich gekerbt, Spitze ganzrandig, stark filzig.

Deckblätter des ganzen Blüthenbüschels mehrmals länger als der Kelch; jede Blüthe hat noch 1—2 kleine Deckblätter.

Blüthentrauben sehr dichtblüthig.

Blüthen zu 4 (—5) in trugdoldigen Büscheln, die unterste Blüthe blüht zuerst auf, dann folgt die mittlere der drei darüberstehenden. Stiel kürzer als der Kelch (T. II. F. 26).

Kelch an der Basis breit, tief gespalten, Zipfel breit-oval zugespitzt, aufrecht, mit deutlicher Mittelrippe.

Aeste und Deckblätter von längeren Sternhaaren graufilzig.

Corolle sehr gross, über 4 cm. diam., aussen dicht mit höheren öfters doppelquirligen Haaren bedeckt. Innen im Grunde etwas heller, fast auf der ganzen Innenfläche firnissglänzend.

Die grossen Staubgefässe: Filam. kaum doppelt so lang als die Anthere, gebogen, weisslich grün, völlig kahl. Anthere gross, einseitig stark herablaufend, bräunlich orangeroth (T. II. F. 31).

Kleinere Staubgefässe: Filam. goldgelb, unten kahl, nur unter der Anthere von gelblich-weissen Haaren, dicht wollig. Antheren gross, regelmässig, halbkreis- oder hufeisenförmig (T. II. F. 32).

Griffel wie bei den Bastarden (T. II. F. 37).

Narbe weit herablaufend (T. II. F. 38).

Kapsel breit, eiförmig zugespitzt, etwas länger als der Kelch, dicht filzig (T. II. F. 39).

Blüthezeit: Juli.

Alle Theile geruchlos.

Erklärung der Tafel I.

Fig. 1. Blüthenstand von *V. pyramid.* × *phoenic.*, dahinter ein grundständiges Blatt.
Fig. 2. Stengelquerschnitt von *V. pyramid.*
Fig. 3. „ „ *V. pyramid.* × *phoenic.*
Fig. 4. „ „ *V. phoeniceum.*
Fig. 5. Basis eines Grundblattes von *V. pyram.*
Fig. 6. „ „ „ „ *V. pyram.* × *phoenic.*
Fig. 7. „ „ „ „ *V. phoeniceum.*
Fig. 8. Sternhaar vom Blatte des *V. pyramid.* (vergr.)
Fig. 9. Haare vom Blatte des *V. pyram.* × *phoenic.* (vergr.)
Fig. 10. Einfaches drüsentragendes Haar vom Blatte des *V. phoeniceum* (vergr.).
Fig. 11. Verzweigtes (a) und einfaches (b) Haar vom Kelche des *V. pyram.* × *phoenic.* (vergr.)
Fig. 12. Drüse vom Kelche des *V. phoeniceum* (vergr.)
Fig. 13. Längeres Staubgefäss von *V. pyram.* × *phoenic.* (vergr. $^3/_1$).
Fig. 14. Kürzeres „ „ „ „ „ (vergr. $^3/_1$).
Fig. 15. Anthere von *V. pyram.* × *phoeniceum* (vergr. $^3/_1$).
Fig. 16. Narbe von *V. pyramidatum* (a) von vorn, (b) von der Seite (vergr. $^5/_1$).
Fig. 17. Narbe von *V. pyram.* × *phoenic.* (vergr. $^1/_1$).
Fig. 18. Kapsel von *V. pyramidatum* ($^1/_1$).
Fig. 19. Unentwickelte Kapsel von *V. pyram.* × *phoenic.* ($^1/_1$).
Fig. 20. Kapsel von *V. phoeniceum* ($^1/_1$).

Erklärung der Tafel II.

Fig. 1. Basis eines Grundblattes von *V. pyram.* × *nigrum.*
Fig. 2. „ „ „ „ *V. nigrum.*
Fig. 3. a. b. c. Sternförmige und verzweigtes Haar von *V. pyram.* × *nigrum* (vergr.).
Fig. 4. Haar von *V. nigrum* (vergr.).
Fig. 5. Ein Stück des Stengels mit einem Stengelblatte und einem Blüthenzweige von *V. pyr.* × *nigr.*

Fig. 6. Blüthenbüschel von *V. nigrum.*
Fig. 7. Blüthe von *V. nigrum.*
Fig. 8. Haare, Fig. 9. Papillen von der Corolle des *V. nigrum* (vergr.).
Fig. 10. Ein grösseres, Fig. 11. Ein kleineres Staubgefäss von *V. pyram.* × *nigrum* (vergr.).
Fig. 12. und Fig. 13. Dasselbe von *V. nigrum* (vergr. $^{3}/_{1}$).
Fig. 14. Anthere von *V. pyram.* × *nigrum* (vergr. $^{4}/_{1}$).
Fig. 15. Narbe von *V. pyram.* × *nigrum* (vergr. $^{5}/_{1}$).
Fig. 16. „ „ *V. nigrum* (vergr. $^{5}/_{1}$).
Fig. 17. Kapsel von *V. nigrum.*
Fig. 18. Blattbasis des Grundblattes von *V. phlomoides* × *per-pyramidatum.*
Fig. 19. „ „ „ „ *V. pyramidatum* × *per-phlomoides.*
Fig. 20. „ „ „ „ *V. phlomoides genuinum.*
Fig. 21. a. b. und Fig. 22. Elemente der Behaarung von *V. phlom.* × *per-pyram.* (vergr.)
Fig. 23. und Fig. 24. Haare von *V. phlom.* (vergr.)
Fig. 25. Theil eines Blüthenzweiges von *V. phlom.* × *per-pyram.*
Fig. 26. Blüthenbüschel von *V. phlom.*
Fig. 27. und 28. Grösseres und kleineres Staubgefäss von *V. phlom.* × *per-pyram.* (vergr. $^{3}/_{1}$).
Fig. 29. „ 30. „ „ „ „ „ *V. pyram.* × *per-phlom.* (vergr. $^{3}/_{1}$).
Fig. 31. „ 32. „ „ „ „ „ *V. phlomoides* (vergr. $^{3}/_{1}$).
Fig. 33. Griffel von *V. phlom.* × *per-pyram.* (vergr. $^{3}/_{1}$).
Fig. 34. Narbe desselben von der Seite ($^{5}/_{1}$).
Fig. 35. Griffel von *V. pyram.* × *per-phlom.* (vergr. $^{3}/_{1}$).
Fig. 36. Narbe desselben von der Seite ($^{5}/_{1}$).
Fig. 37. Griffel von *V. phlomoides* (vergr. $^{3}/_{1}$).
Fig. 38. Narbe desselben von der Seite ($^{5}/_{1}$).
Fig. 39. Kapsel von *V. phlomoides.*

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
a
b
c
d

Verlag von Theodor Fischer in Cassel.

Bibliotheca botanica.

Original-Abhandlungen aus dem Gesammtgebiete der Botanik,

herausgegeben von

Dr. O. Uhlworm und **Dr. F. H. Haenlein** in **Cassel.**

Heft 1. enthält:

Schenck, Dr. H., Vergleichende Anatomie der submersen Gewächse. Mit 10 Tafeln. Preis 32 Mk.

Heft 2. enthält:

Zopf, Dr. W., Botanische Untersuchungen über die Gerbstoff- und Anthocyan-Behälter der Fumariaceen. Mit 3 farbigen Doppeltafeln. Preis 30 Mk.

Heft 3. wird enthalten:

Schiffner Dr. V., Ueber Verbascum-Hybriden und einige neue Bastarde des Verbascum pyramidatum. Mit 2 Tafeln.

Ferner haben Beiträge in Aussicht gestellt die Herren:

Prof. Dr. **A. B. Frank** in Berlin, Prof. Dr. **L. Kny** in Berlin, Geh. Rath Prof. Dr. **Jul. Kühn** in Halle a. S., Prof. Dr. **Leitgeb** in Graz, Prof. Dr. **F. Ludwig** in Greiz, Prof. Dr. **Reess** in Erlangen, Prof. Dr. **Russow** in Dorpat, Geh. Rath Prof. Dr. **Schenck** in Leipzig, Prof. Dr. **Vöchting** in Basel.

Die „Bibliotheca botanica" erscheint in Quartformat in zwanglosen Heften mit zahlreichen, zum grossen Theil farbigen Tafeln ausgestattet. — Jedes Heft wird einzeln abgegeben und einzeln berechnet.

Botanisches Centralblatt

Referirendes Organ für das Gesammtgebiet der Botanik des In- u. Auslandes.

Herausgegeben

unter Mitwirkung zahlreicher Gelehrten

von

Dr. Oscar Uhlworm in Cassel und **Dr. W. J. Behrens** in Göttingen.

Zugleich Organ des Botanischen Vereins in München, der Botaniska Sällskapet i Stockholm, der Gesellschaft für Botanik zu Hamburg, der botanischen Section der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur zu Breslau und der Botaniska Sektionen af Naturvetenskapliga Studentsällskapet i Upsala.

Abonnement für den Jahrgang 4 Bände in 52 Nrn. mit 28 **M.** durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

Druck von Gebr. Gotthelft in Cassel.

BIBLIOTHECA BOTANICA.

Abhandlungen

aus

dem Gesammtgebiete der Botanik.

Herausgegeben

von

Dr. Oscar Uhlworm und **Dr. F. H. Haenlein**

in

Cassel.

(Heft No. 4.)

Dr. Hermann Vöchting: Ueber die Bildung der Knollen.

CASSEL.
Verlag von Theodor Fischer.
1887.

BIBLIOTHECA BOTANICA.

Abhandlungen

aus

dem Gesammtgebiete der Botanik.

Herausgegeben

von

Dr. Oscar Uhlworm und **Dr. F. H. Haenlein**

in

Cassel.

(Heft No. 4.)

Dr. Hermann Vöchting: Ueber die Bildung der Knollen.

CASSEL.
Verlag von Theodor Fischer.
1887.

Ueber

die Bildung der Knollen.

Physiologische Untersuchungen

von

Hermann Vöchting.

Mit 5 Tafeln und 5 Figuren im Text.

CASSEL.
Verlag von Theodor Fischer.
1887.

Inhalt.

Einleitung 1
Die verschiedenen Knollenformen 1
Die Knollenbildung der Kartoffel 3
Die Keimung der Knollen 4
Verhalten von Knollen mit Vortrieben unter verschiedenen Bedingungen 8
Wachsthum im Dunkeln bei verhinderter Wurzelbildung 8
Knollenerzeugung im Boden ohne Auftreten von Laubsprossen 10
Die Mutterknolle und ihre Wechselbeziehung zur jungen Pflanze 11
Die Knollenbildung an oberirdischen Theilen und der Einfluss von Licht und Dunkelheit und Schwerkraft. . 16
Knollenbildung an theilweise verdunkelten Pflanzen 16
Knollenbildung im Hellen 27
Erzeugung von Luftknollen an Pflanzen, welche aus Stecklingen gezogen wurden 28
Noch einmal der Einfluss des Lichtes 33
Wie wirkt das Licht auf die Knollenbildung? 34
Ueber den Einfluss der Schwerkraft 37
Ueber das Wachsthum der Kartoffelpflanze in völliger Dunkelheit 42
Die Knollenbildung an anderen Pflanzen 45
Knollenbildung von Ullucus tuberosa 45
Knollenbildung von Helianthus tuberosus 49
Knollenbildung von Begonia 53

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Fig. 1. Knolle der Sechswochen-Kartoffel mit Vortrieb, an diesem Stolonen und Wurzelanlagen. (Natürl. Grösse.)

„ 2. Knolle der gleichen Varietät, im Dunkeln gekeimt. (Nat. Gr.)

„ 3. Mit Vortrieb ausgerüstete Knolle, dem Dunkel ausgesetzt. Der obere Theil des Vortriebes verdickt sich beträchtlich. (Nat. Gr.)

„ 4. Knollenbildung am Vortrieb im Dunkeln; auch der Scheitel hat sich zur Knolle gestaltet (Nat. Gr.)

„ 5. Die Mutterknolle ist künstlich zum Grundstock der jungen Pflanze gemacht. Am Scheitel des Vortriebes zwei Laubsprosse, an der Mutterknolle Stolonen mit Knollen und Wurzeln. Der Strich bedeutet die Tiefe, bis zu welcher die Mutterknolle in Erde gesetzt war. ($^1/_2$ der nat. Gr.)

„ 6. Aehnlicher Fall wie der in Fig. 5 dargestellte, jedoch mit gänzlich abnormem Wachsthum des Vortriebes. (S. Text.) ($^1/_2$ d. nat. Gr.)

Tafel II.

Fig. 1. Bildung der Tochterknollen am Vortrieb im Boden ohne Vorhandensein von Laubsprossen über der Erde. Die Wurzeln sind nur theilweise angedeutet. ($^2/_3$ der nat. Gr.)

„ 2. Keimung der Sechswochen-Kartoffel im Boden ohne vorherige Bildung eines Vortriebes. Der Keimspross ist jetzt in der Erde dünn und verdickt sich erst über derselben. Von der Mutterknolle ist nur der obere Theil angedeutet und der zweite Keimspross nicht ausgeführt. ($^2/_3$ der nat. Gr.)

„ 3. Abnorme Knollenbildung am Vortrieb in trockener Luft. (Nat. Gr.)

„ 4. Knolle, unter den gleichen Bedingungen entstanden. (Nat. Gr.)

„ 5. Oberirdisch, im Hellen gebildete Knolle mit Blätterschopf. (Nat. Gr.)

„ 6. Abnormes Wachsthum eines Vortriebes. (S. Fig. 6 auf Tafel I.) (Nat. Gr.)

„ 7. Stärkekranke Pflanze mit Luftknollen nach Entfernung der Blätter; die Mutterknolle an der Basis und die dem Vortrieb entspringenden Wurzeln sind nur angedeutet. ($^2/_3$ der nat. Gr.)

„ 8. Callus an der Basis eines Stecklings, der in der Erde keine Knollen bilden konnte. Die Wurzeln sind nur theilweise angedeutet. (Nat. Gr.)

„ 9. Der Callus von unten betrachtet.

Tafel III.

Fig. 1. Stärkekranke Pflanze, aus einem Steckling erwachsen, dem die Knollenbildung im Boden versagt war. Der Deutlichkeit halber sind ein vorderes und ein hinteres Blatt nicht völlig ausgeführt. (In natürlicher Grösse.)

„ 2. Basis eines Blattes, das als Steckling benutzt war.

„ 3 u. 4. Stellen einen ähnlichen Fall dar, wie die Figuren 8 u. 9 auf Tafel II.

Tafel IV.

Fig. 1. Zweig einer stärkekranken Pflanze, aus einem Steckling gezogen.

„ 2 u. 3. Knollenbildung an verkehrt eingesetzten Zweigstecklingen.

„ 4. Zweig einer normalen Pflanze, zu vergleichen mit Fig. 1 u. 5.

„ 5. Zweig einer stärkekranken Pflanze mit den abstehenden Seitenzweigen.

„ 6. Knollenbildung an einer aus einem Steckling gezogenen Pflanze einer späten Varietät.

„ 7. Stück der Rippe mit zwei Fiedern eines Blattstecklings. An der Basis der Fiedern eigenthümliche Anschwellungen.

Tafel V.

Fig. 1. Knollenbildung an einem Zweige von Begonia discolor.

„ 2. Desgleichen.

„ 3, 4, 5 u. 6. Einzelne Fälle der Knollenbildung von B. discolor.

„ 7. Helianthus tuberosus. Basis einer aus einem Steckling gezogenen Pflanze, welche im Boden keine Knospen führte.

„ 8. Knollen am Stengel, im dunklen Raum entstanden.

„ 9. Knollenartige Anschwellung einer Wurzel von H. tuberosus.

„ 10. Wie Fig. 7 auf Taf. IV.

„ 11. Stengel einer Kartoffelpflanze mit localer Knollenbildung unter der Spitze.

Einleitung.

Der in den nachfolgenden Blättern behandelte Gegenstand ist das Problem, welche Ursachen den Ort und das Wachsthum der Knollen bedingen. Diese Frage bietet nach verschiedenen Seiten mannigfache Anknüpfungspunkte. Sie geht aus von morphologischer Grundlage, von den Thatsachen, welche in der Lehre von der Sprossfolge niedergelegt sind. Sie berührt sodann eine specifisch physiologische Seite, den Stoffwechsel im pflanzlichen Organismus, und bietet endlich Beziehungen zu den bisher erworbenen Kenntnissen über den Einfluss äusserer Agentien auf die Gestaltung des Pflanzenkörpers.

Ein Theil unseres Problems hat in neuerer Zeit verschiedene Autoren beschäftigt; vor Allem ist ein besonderer Fall, die Bildung der Kartoffelknollen, wiederholt Gegenstand der Untersuchung gewesen. So werthvoll jedoch die Ergebnisse der letzteren sind, die nähere Betrachtung lehrt, dass eine wesentliche Seite des Problems kaum berührt worden ist und dass eine allgemeine Behandlung desselben noch aussteht.

Diesen Mängeln abzuhelfen, war der Zweck, welcher mich bei der Ausführung meiner Untersuchung leitete. Die letztere erstreckt sich über einen längeren Zeitraum und steht in nahem Zusammenhange mit den Arbeiten über Organbildung, welche ich an anderen Orten niedergelegt habe. Was mich besonders zu näherer Behandlung des Problems veranlasste, war einmal der Umstand, dass dasselbe Beziehungen zur Lehre vom Stoffwechsel bot, sodann die Thatsache, dass das Licht einen bedeutenden Einfluss auf die fraglichen Vorgänge ausübt. So weit vorzudringen, wie zu thun ich ursprünglich die Hoffnung hegte, ist mir zwar nicht gelungen, doch glaube ich die Wege geebnet und neue Angriffspunkte zur Lösung der Frage geboten zu haben.*)

Die Knollenformen, welche uns im Nachfolgenden beschäftigen werden, sind ihrer morphologischen Natur nach sämmtlich Stengelgebilde; die Wurzelknollen wurden einstweilen ausser Acht gelassen.

Die ersteren zerfallen in zwei Gruppen, welche wichtige physiologische Unterschiede aufweisen. Die Formen der ersten Gruppe sind dauernde, einer unbegrenzten Entwickelung fähige Gebilde; die der zweiten dagegen haben eine begrenzte Lebensdauer, in der einen Vegetationsperiode angelegt und ausgebildet,

*) Ihrer ursprünglichen Anlage nach sollte sich die vorliegende Arbeit nicht nur auf Knollen, sondern zugleich auf Rhizome erstrecken, die ja den gleichen Ort an der Pflanze einnehmen und den gleichen Functionen dienen. Auch in Bezug auf diese Organe glaubte ich nach Untersuchung geeigneter Objecte dem Abschluss der Arbeit nahe zu sein, als ich im Herbst 1885 in meinen Culturen eigenthümliche, bis dahin nicht beobachtete Erscheinungen wahrnahm, welche mich veranlassten, die Rhizom-Pflanzen noch weiterer Untersuchung zu unterwerfen. Ueber die Ergebnisse der letzteren wird später berichtet werden.

sterben sie gewöhnlich in der folgenden ab. Zu jenen gehören die Knollen der Begonien, die von Cyclamen, Tropaeolum-Arten u. a.; zu diesen die von Solanum tuberosum, Helianthus tuberosus, Ullucus tuberosa u. s. w. — In beiden Gruppen aber stellen die Knollen während der Ruheperiode die Träger der Lebensfunctionen dar: in ihnen schlummert das Leben in einer mehr oder weniger latenten Form.

Mit den bezeichneten Verhältnissen gehen wichtige Wachsthumsunterschiede Hand in Hand. Die Knollen mit langer Lebensdauer erzeugen an ihrem Scheitel die Laubsprosse, an ihrer Basis oder auch auf ihrer ganzen Oberfläche Wurzeln, und stellen somit den bleibenden Grundstock des ganzen Körpers dar. Im Frühjahr entleeren sie sich eines Theiles oder sämmtlicher Reservestoffe, ihre Zellen aber bleiben lebendig und füllen sich im Sommer und Herbst mit der von den Laubsprossen erzeugten plastischen Substanz wieder an. Ganz anders die Formen der zweiten Gruppe. Sie erzeugen, wie jene, die Laubsprosse, aber in der Regel keine Wurzeln; die Triebe sind daher selbst auf die Bildung der letzteren, und damit von vornherein auf eine selbstständige Existenz angewiesen. Die Mutterknolle tritt nicht in das System der jungen Pflanze ein; sie bringt die letztere hervor, um dann aber selbst zu Grunde zu gehen. Ihr ganzer Bau ist von der Art, dass sie sich unter normalen Bedingungen nur von einer bis zur anderen Vegetationsperiode halten, und dass ihre Lebensfunctionen sich daher nur in den Descendenten fortsetzen können. Der Gegensatz zwischen den beiden Gruppen wird um so auffallender, wenn man bedenkt, dass auch in der zweiten die Descendenten nur Seitensprosse der Knollen darstellen, ja dass der terminale Spross die directe Verlängerung der Hauptaxe der Knolle bildet.

Entsprechend ihrer wichtigen Function, nach der Ruheperiode neuen Organen den Ursprung zu geben, sind alle Knollen reich mit Reservestoffen erfüllt. Die letzteren selbst sind bekanntlich verschieden. So führen von den hier in Betracht kommenden die Knollen der Kartoffel, Ullucus tuberosa, der Begonia-Arten neben geringen Eiweissmengen reichlich Stärke, die von Helianthus tuberosus dagegen Inulin.

Unter den verschiedenen Objecten, welche dem Experiment unterworfen wurden, steht die Kartoffel obenan. Daran schliessen sich Helianthus tuberosus, Ullucus tuberosa, Begonia discolor und B. boliviensis.

Die Knollenbildung der Kartoffelpflanze.

(Solanum tuberosum.)

Die Kenntnisse, welche wir über die physiologischen Vorgänge bei der Knollenbildung besitzen, beruhen fast ausschliesslich auf den an der Kartoffelpflanze angestellten Untersuchungen. Verschiedene Eigenschaften machen dieselbe zu einem werthvollen Object *) für die experimentelle Forschung; dazu kommt die hohe Bedeutung, welche die Pflanze für die Cultur besitzt, ein Umstand, der eine kaum übersehbare Litteratur in Gestalt theils von Monographieen, theils von, durch die verschiedensten Zeitschriften zerstreuten Abhandlungen und Aufsätzen erzeugt hat. Es ist ein Verdienst von de Vries, den grösseren Theil dieser Litteratur kritisch gesichtet und das darin enthaltene Werthvolle und Bleibende in übersichtlicher Weise dargestellt zu haben. Indem hier auf eine allgemeine Behandlung dieser Litteratur verzichtet wird, sei ein für alle Mal auf die Arbeiten von de Vries **) verwiesen.

Nach zwei Seiten hin hat die Kartoffel als Object der Untersuchung gedient. In erster Linie waren es die Fragen nach der Ernährung, dem Stoffwechsel und der Stoffwanderung, Fragen, welche bekanntlich von Sachs***) zuerst und in bahnbrechender Weise, sodann von einer Reihe anderer Untersucher, besonders von de Vries, behandelt wurden. Zweitens war es das uns hier specieller beschäftigende Problem, die Frage nach den Ursachen, welche den Ort und das Wachsthum der Knollen bedingen. Ueber diesen Gegenstand liegen schon aus der älteren Periode wichtige Angaben vor, so vor allen die von Knight.†) In neuerer und neuester Zeit haben ihn de Vries und Kraus ins Auge gefasst. Besonders die Entstehung von Tochterknollen bei abnormer Keimung der Mutterknollen, der Einfluss von Licht, Dunkelheit und Feuchtigkeit auf diesen Prozess, bildete die Aufgabe, welche zu lösen man sich bemüht hat. Was in dieser Beziehung geleistet worden, wird der Hauptsache nach im Nachfolgenden an geeignetem Orte Platz finden. — Auffallender Weise hat dagegen die Knollenbildung an den ober-

*) Ueber die Bedeutung der Kartoffel für die physiologische Forschung spricht schon Knight in einem Briefe an Dr. Bevan 1829 die folgenden Worte aus: „I have been and am still engaged in some experiments upon the potato, which plant has given me more physiological information than all the remainder of the vegetable world; and where it has not given me the information I wanted, it has directed me where to find it." A Selection of the phys. and hort. Papers of T. A. Knight. London 1841, p. 63.

**) H. de Vries. Beiträge zur speciellen Physiologie landwirthschaftlicher Kulturpflanzen. III., IV. u. V. In: Landwirthschaftl. Jahrbücher. Herausgeg. von Nathusius und Thiel. 7. Bd. Berlin 1878. S. 19, 217 u. 591.

***) J. Sachs. Ueber die Stoffe, welche das Material zum Wachsthum der Zellhäute liefern. Pringsheim's Jahrbücher. Bd. III. Berlin 1863. S. 183 u. flgnd., speciell S. 221 ff.

†) T. A. Knight. On the origin and formation of roots. Philos. Transactions. Febr. 1809.

irdischen Theilen der Pflanze in neuerer Zeit nur ganz beiläufig Berücksichtigung erfahren. Auf diesen Gegenstand war daher bei Ausführung meiner eigenen Untersuchung um so mehr das Augenmerk zu richten, als sich ergab, dass gerade er dem Experimentator ein günstiges Feld bot.

Nach diesen einleitenden Bemerkungen treten wir in die Behandlung der einzelnen Theile unserer Arbeit ein.

Die Keimung der Knollen.

Ueber diesen Gegenstand ist ausserordentlich viel geschrieben worden. Wenn derselbe, und zwar gegen mein ursprüngliches Vorhaben, auch in dieser Arbeit behandelt wird, so liegt der Grund darin, dass das Wachsthum derjenigen Varietät, welche bei unserer Untersuchung in erster Linie in Frage kommt, ein Eingehen auf den berührten Vorgang nothwendig machte.

Dass die bei der Keimung aus den Apicalknospen hervorgehenden Triebe einen erheblichen Vorzug in der Entwickelung erfahren, ist seit langer Zeit bekannt. Zuletzt ist diese Thatsache von Franz*) einem genauen Studium unterworfen, und die bekannte Erfahrung dahin erweitert worden, dass wenigstens bei gewissen Varietäten die Entwickelungsfähigkeit von der Spitze nach der Basis nicht continuirlich abnimmt, sondern dass auf die mit der grössten Wachsthums-Energie ausgestatteten Apicalknospen an der Knolle eine Zone folgt, deren Augen eine geringe Entwickelungsfähigkeit besitzen. Die sich nun anschliessenden Knospen aber, welche, die Knollen aufrecht gedacht, auf etwa Zweidrittel ihrer Höhe stehen, sind wieder besser ausgerüstet und von ihnen aus nimmt dann, wie es scheint, die Wachsthums-Energie nach der Basis hin stetig ab.

Die Keimung verläuft in verschiedener Weise, je nachdem man sie unter den Einfluss des Lichtes oder der Dunkelheit, je nachdem man sie im Trocknen oder unter ausreichender Wasserzufuhr stattfinden lässt.

Die ältesten genauen Angaben über diesen Gegenstand finden sich, soweit mir bekannt, bei Schacht.**) Derselbe liess Knollen verschiedener Varietäten in trockener und feuchter Luft, und zwar in beiden Fällen sowohl im Hellen, als im Dunkeln keimen. Andere Knollen der gleichen Varietäten wurden, in feuchten Sand gelegt, dem Dunkel ausgesetzt, und wieder andere endlich in Töpfe mit Gartenerde gepflanzt. Die Versuche wurden am 13. März eingeleitet und verliefen bei gleicher Temperatur. — Nach drei Wochen hatte ein Theil der unter dem Einfluss des Lichtes befindlichen Knollen sowohl in der trockenen als feuchten Luft nur kurze, grüne, höchstens 1—2 Linien lange Sprosse gebildet, während die Triebe der dem Dunkel ausgesetzten Knollen schon 1—2 Zoll lang waren. Noch weiter vorgeschritten in der Entwicklung waren die in Erde gelegten Objecte. — Am 2. Mai hatten sich die angegebenen Unterschiede noch weiter ausgebildet. Die Triebe der dem Licht ausgesetzten Knollen hatten sich nur wenig verändert; sie waren etwas in die Dicke gewachsen. Im Dunkeln dagegen waren 2—3 Zoll lange Sprosse erzeugt, welche im feuchten Raume reichlich Wurzeln, im Trockenen dagegen

*) H. Franz. Studien an der Kartoffelknolle. Inaug.-Dissert. Göttingen 1873. S. 20.

**) Schacht, H. Bericht über die Kartoffel und ihre Krankheiten. Berlin 1856. S. 3—5.

nur dünne Anlagen gebildet hatten. Noch reichlicher entwickelt waren die Triebe und Wurzeln der in Sand und Erde gesetzten Knollen.

Aus diesen und noch weiteren Versuchen, deren Beschreibung man im Original nachsehen wolle, schliesst Schacht, dass bei Zutritt des Tageslichtes die Keimung der Kartoffel entweder gänzlich unterbleibt, oder nur in einem sehr beschränkten Grade erfolgt, und ferner, dass zur Ausbildung der Wurzeln eine feuchte Umgebung nothwendig ist.

Das gleiche Ergebniss bezüglich der Lichtwirkung lieferten Versuche von v. Rappard*) und weiter die Beobachtungen von Sachs**), dessen Angaben in Folgendem bestehen. Lässt man im Frühjahr oder Sommer Kartoffelknollen auf feuchtem Sande unter Glasrecipienten, also bei genügender Luftfeuchtigkeit, keimen, und zwar bei übrigens gleicher Behandlung die einen am Tageslicht, die andern in der Dunkelheit, so ergeben sich auffallende Unterschiede. Im Hellen wachsen aus den sogenannten Augen zwar zahlreiche, sehr dünne Wurzeln hervor, allein die sich entwickelnden Triebe bleiben selbst bei 2—3 Monate langer Cultur äusserst kurz und ihre Blätter entfalten sich nicht. Im Dunkeln dagegen bilden sich bekanntlich lange, etiolirte Triebe mit sehr kleinen Blättchen. Aus diesen Thatsachen schliesst Sachs, dass das Licht auf das Wachsthum der Sprosse einen hemmenden Einfluss ausübe. Vor allen die zwei bis drei untersten Internodien des Stengels, welche ja unter normalen Verhältnissen in der Dunkelheit im Boden gebildet werden und die Stolonen erzeugen, seien höchst empfindlich für die Wirkung des Lichtes, während die auf sie folgenden Stengelglieder der letzteren nothwendig bedürfen.

Gegen diese Deutung hat kürzlich C. Kraus***) einen Einwand erhoben. Die von Schacht und Sachs beschriebene und von ihm selbst†) später ebenfalls eingehend untersuchte Erscheinung ist seiner Auffassung nach nicht eine Lichtwirkung, sondern Folge von mangelhafter Wasserzufuhr. Setzt man die Knollen so ein, dass die Terminalknospen zwar hell beleuchtet werden, dass sie ihre Wurzeln aber in feuchte Erde oder Wasser hinabsenden können, so bleiben sie nicht kurz, sondern entwickeln sich zu langen beblätterten Trieben. Gestaltet man aber die Versuchsbedingungen so, dass die Wurzeln das feuchte Medium nicht erreichen können, so treten die von Sachs und Anderen, auch ihm selbst, beobachteten Erscheinungen ein.

So die Darstellungen der genannten beiden Autoren. Durch eine beträchtliche Anzahl eigener Beobachtungen bin ich zu folgenden Schlüssen gelangt.

Es ist richtig, dass das Licht auf das Wachsthum der ersten Internodien der Kartoffeltriebe einen hemmenden Einfluss ausübt. Am leichtesten kann man sich davon überzeugen, wenn man gleichstarke Knollen derselben Varietät im Dunkeln und am Tageslichte, in beiden Fällen aber im Trocknen und bei übrigens gleichen Bedingungen keimen lässt. Dann erscheinen die Triebe im Finstern schneller, erhalten gestreckte Internodien, bleiben aber verhältnissmässig dünn. (Taf. I, Fig. 2.) Im Hellen dagegen beginnt die Keimung später, die Internodien erfahren ein geringes Längen-, dafür aber höchst beträchtliches Dickenwachsthum. (Taf. I, Fig. 1.) In diesen Versuchen findet keine Wasserzufuhr statt, und doch zeigen die beleuchteten und nicht beleuchteten Objecte erhebliche Unterschiede.

*) H. de Vries. l. c. S. 245.

**) J. Sachs. Botanische Zeitung. 1863. Beilage, S. 15.

***) Berichte der Deutschen botanischen Gesellschaft. Bd. III. Berlin 1885. S. 182.

†) Forschungen auf dem Gebiete der Agricultur-Physik. Herausgeg. v. E. Wollny. Bd. III. Heidelberg 1880. S. 45 ff.

Die gleichen Verhältnisse gelten nun aber auch, wenn man den jungen Trieben in beiden Versuchen gestattet, Wurzeln ins feuchte Medium hinabzusenden. Führt man das Experiment so aus, dass man die Knollen bis in die Nähe der terminalen Knospengruppen in Erde setzt, so lässt sich auch in trockener Atmosphäre leicht erreichen, dass die an den Trieben entstehenden basalen Wurzeln in Erde gelangen. Unter diesen Bedingungen wachsen ihre Knospen heran, aber ihre untersten Internodien bleiben im Hellen auch jetzt kurz, ja stellen manchmal knollige Bildungen dar. Nun aber bleiben sie auf dieser Stufe nicht stehen, sondern entwickeln sich weiter und liefern Laubsprosse von beträchtlicher Grösse und reichlicher Belaubung, Verhältnisse, auf die wir weiter unten zurück kommen werden. Im Dunkeln dagegen werden die bekannten langen vergeilten Triebe erzeugt.

Diese Thatsachen lehren, dass zwar das Licht einen Einfluss auf das Wachsthum der unteren Sprossinternodien hat, dass aber für das weitere Verhalten der Triebe die Wasserzufuhr von entscheidender Bedeutung ist.

Nach der eben gegebenen allgemeinen Erörterung wollen wir den Keimungsprocess derjenigen Varietät, welche den Hauptgegenstand unserer Untersuchung bildet, etwas eingehender studiren.

Zu den frühesten Kartoffel-Varietäten gehört diejenige, welche von Vilmorin in Paris unter der Bezeichnung „Marjolin“, synonym mit der „Sechswochen-Kartoffel“, in den Handel gebracht wird. Die Knolle derselben besitzt die Neigung, nur einen Terminalspross zu erzeugen, und unter den gleich zu besprechenden besonderen Bedingungen kommt in der Mehrzahl der Fälle nur dieser Trieb zur Entwickelung. Bringt man die Knollen unter die verschiedenen oben angedeuteten äusseren Verhältnisse, so zeigen sich die Differenzen im Wachsthum des Terminaltriebes in auffallender Weise.

Legt man die Knollen vor dem Austrieb der Knospen bis zu einiger Tiefe in feuchte Erde, so entwickeln sich die letzteren in normaler Art; die Triebe wachsen rasch empor, bleiben im Bereich der Erde schlank und bilden ziemlich lange Internodien. Ueber der Erdoberfläche angelangt, nehmen sie rasch an Umfang zu, während die Internodien kürzer bleiben. Aus den Knospen im Bereich der Erde gehen Stolonen hervor, und um diese herum entstehen reichlich Wurzeln. (Fig. 2 auf Taf. II, in welcher nur ein Theil der Wurzeln und Stolonen, die Dickenverhältnisse des Stengels aber genau wiedergegeben sind.)

Ganz anders, wenn man die Knollen im Trockenen, sei es im Dunkeln oder am Tageslichte, keimen lässt.

Stellt man die Knollen in geeigneter Art aufrecht in einen dunklen Raum, so geht aus der Terminalknospe ein langer Spross hervor, dessen Spitze sich rasch verjüngt und meist eine Nutation ausführt (Taf. I, Fig. 2). Derselbe ist dünn und mit einer Oberfläche versehen, deren Unebenheiten durch die sich vorwölbenden äusseren Blattspuren verursacht werden. In der Nähe der unteren Achselknospen gewahrt man Anlagen von Adventiv-Wurzeln, die dicht über der Ansatzstelle der Triebe bis zu geringer Länge in die Luft ragen. Wie die mikroskopische Untersuchung ergiebt, ist der ganze Spross reichlich mit Stärke versehen; dicht erfüllt sind die Zellen des Markes und der Rinde im unteren, weniger reich dagegen die entsprechenden Elemente im oberen Theile. — Ausser der terminalen können sich noch eine oder auch mehrere Knospen zu vergeilenden Trieben entwickeln. Soweit ich gesehen, geschieht dies besonders dann, wenn man den Versuch längere Zeit dauern lässt.

Vergleichen wir nun damit die Verhältnisse, welche eintreten, wenn die Knollen ohne Wasserzufuhr in aufrechter Stellung sich unter dem Einfluss des diffusen Tageslichtes entwickeln. Jetzt erzeugt die Terminalknospe ein Gebilde von eigenthümlicher Gestalt. (Taf. I, Fig. 1). Dasselbe hat etwa knollenförmigen Umriss und erreicht je nach der Stärke der Knollen wechselnde Grösse, die entwickeltsten maassen bei 45 Mill. Länge 12 Mill. im Durchmesser. Es ist seiner ganzen Länge nach mit Knospen und Stolonen besetzt, die an der Basis sehr rasch, in der Mitte und über derselben mit weiteren Distanzen auf einander folgen. Die Knospen und Stolonen stehen in den Achseln von Schuppen, welche unten kaum angedeutet sind, weiter nach oben aber allmälig entwickelter werden, und an der Spitze in die sich steigend differenzirenden Laubblattanlagen übergehen. In der Nähe der Ansatzstellen der Knospen und Stolonen finden sich Wurzelanlagen; an den basalen stehen sie ringsum, weiter oben rechts und links von jenen.

Von den Achselsprossen unseres Gebildes bleiben die basalen gewöhnlich im Knospenzustande, während die folgenden sich zu Stolonen entwickeln. Von diesen stellen die mittleren die längsten dar, während die nach oben und unten sich anschliessenden allmälig kürzer werden. — Die Stolonen selbst sind bald gerade, bald schwach hin und her gebogen; an den Spitzen zeigen sie oft hakenförmige Krümmungen. Ihre Wachsthumsrichtung ist horizontal oder schwach abwärts geneigt. Die stärkeren von ihnen führen in den Achseln ihrer kleinen Blattschuppen Seitenbildungen von gleicher Natur.

Auch diese am Licht erwachsenen Producte der Knollen sind reich mit transitorischer Stärke erfüllt. Ganz voll davon sind die Elemente des äusseren, etwas weniger reich die grossen Zellen des inneren Markes. An diesem Orte erreichen, wie der Vergleich lehrt, die Stärkekörner durchschnittlich die gleiche Grösse, welche sie in der Mutterknolle haben. Wie das äussere Mark, so sind auch die ganze Rinde und alle parenchymatischen Elemente des Gefässbündelringes dicht mit Stärke erfüllt, nur haben hier die Körner eine dem Umfange der Zellen entsprechend geringere Grösse. — Reich versehen mit Stärke sind auch die Stolonen in allen ihren parenchymatischen Elementen.

Da das eben beschriebene Gebilde in unserer Untersuchung eine erhebliche Rolle spielt, so dürfte, um die sonst unerlässlichen Umschreibungen zu vermeiden, eine kurze Bezeichnung dafür am Platze sein. Es soll fortan als Vortrieb bezeichnet werden. Derselbe tritt selbstverständlich bei allen oder jedenfalls doch den meisten Varietäten auf, sobald sie unter die entsprechenden Bedingungen gebracht werden. Je nach den Varietäten hat er eine wechselnde Gestalt; bald ist er verlängert, cylindrisch oder oval, bald kurz, rundlich und selbst knollenförmig. Die Stolonen erreichen bald, wie in unserem Falle, einige Länge, bald bleiben sie kürzer oder gelangen gar nicht zur Entwickelung. In der Litteratur findet sich das von uns als Vortrieb bezeichnete Gebilde, wie kaum erwähnt zu werden braucht, wiederholt mehr oder weniger genau beschrieben.*)

In dem hier behandelten Falle stellt der Vortrieb ein ungemein charakteristisches Gebilde dar, welches auch für die praktische Cultur von Bedeutung ist. Setzt man die Knollen gleich nach der Ernte aufrecht in luftigem Raume dem Lichte aus, so entwickeln sich die Vortriebe bald, und die so ausgerüsteten Knollen stellen für die Frühcultur gleichsam präparirte Objecte dar. In dieser Form werden sie

*) Man vergleiche die oben genannten Schriften. Bei Schacht ist auch eine gute Abbildung gegeben. l. c. Taf. IV. Fig. 7.

von Vilmorin*) in besonderen Körben in den Handel gebracht, und ein grosser Theil meiner Versuche wurde mit von ihm bezogenem Material ausgeführt. Die oft geäusserte Ansicht, dass zur Pflanzung nur solche Knollen verwendet werden dürfen, deren Sprossbildung noch nicht begonnen habe, entbehrt der Begründung. Bezüglich der Marjolin bemerkt Vilmorin**) sogar, sie treibe schwerer, wenn man die Knollen setze, ehe die Keime sich entwickelt haben. Ob diese Angabe richtig ist, vermag ich nicht zu sagen.

Verhalten von Knollen mit Vortrieben unter verschiedenen Bedingungen.

Bevor wir den Vortrieb zur Lösung unserer Hauptaufgabe verwenden, wollen wir sein Verhalten unter verschiedenen äusseren Bedingungen einer näheren Betrachtung unterwerfen.

Wachsthum im Dunkeln bei verhinderter Wurzelbildung.

Legt man Knollen mit Vortrieben einfach in einen dunkeln Raum, ohne ihnen Wasser zuzuführen, so geht der obere, wachsende Theil der Vortriebe bald eine mehr oder minder auffallende Verdickung ein. Es nimmt der Durchmesser desselben um ein Drittel, die Hälfte, oder auch um das Doppelte und selbst noch mehr zu. (Taf. I, Fig. 3.) Aeusserlich betrachtet erscheinen hauptsächlich die Blattbasen gewachsen; die nähere Besichtigung ergiebt jedoch, dass nicht nur die Rinde, sondern auch das ganze Mark an der Umfangzunahme betheiligt ist. In einzelnen Fällen treten jetzt schon an den Stolonen oder in den Blattachseln kleine Knollen auf. Die Elemente der Letzteren sowohl, als die der Verdickung des Vortriebes sind dicht mit Stärke erfüllt.

Um den weiteren Fortgang der genannten Erscheinung beobachten zu können, setzt man die Knollen bis zu halber Höhe aufrecht in mit feuchtem Sande oder feuchter Erde gefüllte Schalen und stellt diese in einen dunklen Raum. Wenn unter diesen Umständen im Bereiche des feuchten Mediums, wie es gewöhnlich der Fall ist, keine Knospen zur Entwickelung gelangen, so ergeben sich folgende Verhältnisse.

In der Mehrzahl der Fälle entstehen an den Stolonen oder in den Blattachseln mehr oder minder, manchmal sehr zahlreiche kleine Knollen, während die Stolonen selbst noch um ein Geringes in die Länge wachsen, oder in der Entwickelung stehen bleiben. Der Scheitel des Vortriebes stellt bald sein Wachsthum ein, bald erzeugt er einen kurzen vergeilenden Spross, bald verwandelt er sich in eine echte Knolle. (Taf. I, Fig. 4.) Soweit ich gesehen, ist der letztere Fall der seltener vorkommende. Während in den meisten Fällen die bildende Thätigkeit sich auf zahlreiche Punkte vertheilt, kommen vereinzelt auch solche vor, in welchen die Nahrung vorwiegend nur einzelnen Knollen oder selbst einer einzigen zuströmt, die dann eine entsprechend kräftige Entwickelung erfahren.

*) Vilmorin-Andrieux et Cie. Catalogue général. 1886. p. 64.
**) l. c.

Vergleicht man die in der oben beschriebenen Art behandelten Objecte mit solchen, welche, einfach auf den Boden eines trockenen Gefässes hingelegt, sich im dunklen Raume entwickeln, so ergiebt sich, dass die letzteren entschieden im Nachtheil sind. Um das günstigere Wachsthum der Producte derjenigen Knollen zu erklären, welche mit ihrer unteren Hälfte in ein feuchtes Medium gesenkt waren, dürfte man zunächst an zwei Umstände denken. Erstens lässt sich annehmen, dass der Wasserdampf, welcher vom feuchten Boden ausströmt, die Entwickelung der jungen Knollen in der Luft befördere. Zweitens dürften die Mutterknollen mit ihrer Oberfläche etwas Wasser aufnehmen. Die Menge des letzteren kann zwar nur sehr gering sein, da die Knollen bei vorschreitendem Wachsthum immer mehr einschrumpfen: immerhin wird in diesem Umstande die Hauptquelle des fraglichen Vorzuges zu suchen sein.

Verschieden von dem vorhin besprochenen gestaltet sich das Ergebniss, wenn eine Knolle im Bereich oder an der Grenze des feuchten Mediums einen Spross zur Entwickelung bringt, oder wenn einer der Stolonen mit dem Boden in Berührung gelangt, und seine Wurzeln in denselben hinabsendet. Im ersteren Falle treten Erscheinungen ein, ähnlich denjenigen, welche kürzlich Kraus*) beschrieben hat, und auf die hier daher nur kurz hingedeutet werden mag. Es entwickeln sich rasch diejenigen Sprosse, welche ihren Wasserbedarf direct aus dem Boden beziehen, während der Vortrieb und seine Producte mehr und mehr zurückbleiben, trotzdem die bis dahin eingeschrumpften Mutterknollen sich allmälig prall mit Wasser füllen.

Im zweiten eben erwähnten Falle, in welchem dem Vortrieb durch die Wurzeln eines Ausläufers Wasser zugeführt wird, entwickelt sich sein Scheitel zu einem vergeilenden Spross, während die Knollen der Stolonen, zumal anfänglich, ein rasches Wachsthum erfahren. Auch jetzt schwillt die Mutterknolle nach und nach an; sie empfängt nun ihr Wasser vom Vortrieb aus, während sie ihre Reservestoffe an diesen abgiebt.

Besonderer Erwähnung verdient noch die Thatsache, dass die sämmtlichen Reservestoffe nur dann aus der Mutterknolle fortgeleitet werden, wenn dieselbe von aussen Wasser zugeführt erhält. Geschieht dies nicht, so steht in der Regel das Wachsthum des Vortriebes und seiner Bildungen still, ehe die sämmtlichen Nährstoffe aus der Knolle fortgewandert sind. — Das Gleiche gilt vom Vortriebe. Bei genügender Wasserzufuhr giebt er allmälig seine gesammten Reservestoffe an die jungen Knollen und Triebe ab, während bei mangelndem Wasser in seinen einschrumpfenden Zellen stets noch Stärke angetroffen wird.

Was die in diesen Versuchen erzeugten Knollen anlangt, so zeigen die grösseren derselben normale Beschaffenheit und halten sich oft lange Zeit frisch und lebensfähig. Die kleineren dagegen schrumpfen in trockener Luft nach und nach ein. Es ist anzunehmen, dass entweder ihr Kork noch nicht die genügende Ausbildung erhalten habe, oder dass ihre jungen Zellen noch nicht die ausreichende Bindekraft besitzen, um das Wasser festzuhalten.

*) Berichte der Deutschen botanischen Gesellschaft. Bd. III. Berlin 1885. S. 182.

Knollenbildung im Boden ohne Auftreten von Laubsprossen.*)

Wir haben oben gesehen, wie die Substanz der Mutterknolle unter Vermittelung des Vortriebes zur Bildung von Tochterknollen verwendet wird. Im Anschluss daran wollen wir jetzt einen Versuch besprechen, in welchem dasselbe, jedoch in anderer und ungleich vollständigerer Art geschieht.

Nimmt man Knollen mit Vortrieben, durchschneidet die letzteren in der Region der Stolonen, sodass ihre oberen Theile entfernt werden, und setzt die Objecte nun in normaler Stellung in Erde, so treten je nach Umständen folgende Verhältnisse ein.

Ist die den Vortrieb bedeckende Erdschicht dünn und wird einer der oberen Stolonen etwa vom Lichte getroffen, so gestaltet sich die Spitze desselben gewöhnlich zu einer Laubknospe um. Diese entwickelt sich rasch, ihre Axe verdickt sich, mit der Streckung der letzteren tritt die Aenderung der Wachsthumsrichtung ein, und in Kurzem ist ein Laubspross gebildet, der den verloren gegangenen Scheitel des Vortriebes theilweise ersetzt. Während dessen geht an den Stolonen die Bildung junger Knollen vor sich und es entstehen so Verhältnisse, welche den normalen im Wesentlichen gleichen.

Setzt man die Objecte dagegen so tief in die Erde, dass kein Lichtstrahl zu ihnen dringen kann, dann gelangt manchmal von den ruhenden Knospen, welche die Basis des Vortriebes einnehmen, die eine oder die andere zur Entwickelung, in anderen Fällen aber unterbleibt dies. Nun tritt eine interessante Erscheinung ein. Während der Entwickelung eines reichen Wurzelsystems an dem Vortrieb und den Stolonen gestalten sich die Spitzen der letzteren zu Knollen, welche rasch heranwachsen und in welche die Hauptmasse der gesammten in der Mutterknolle und dem Vortrieb vorhandenen Nahrung hinüberströmt. (Taf. II, Fig. I.) Ist diese verbraucht, so steht das Wachsthum still, die Muttergebilde gehen allmälig zu Grunde, und es bleibt endlich nichts übrig, als die Tochterknollen. Bei genügend hoher Temperatur geht der ganze Prozess rasch von statten.

Der eben beschriebene Versuch wurde wiederholt und zu verschiedenen Zeiten mit dem gleichen Erfolge angestellt. Es schien mir, man erhielte das fragliche Resultat am sichersten, wenn Objecte verwendet werden, welche längere Zeit im Trocknen gelegen haben, also etwa in den Monaten Juni oder Juli.

Bezüglich der erzeugten Tochterknollen ist zu bemerken, dass meine anfänglich gehegte Erwartung, sie würden alsbald in Triebbildung übergehen, sich nicht erfüllte. Dieselben verharrten vielmehr in Ruhe, wie auf gewöhnlichem Wege gebildete Knollen.

Das Ergebniss unseres Versuches gewährt ein eigenthümliches Interesse. Es lehrt uns, dass die ganze Substanz der Mutterknolle, abgesehen von der zur Wurzelbildung verbrauchten, zur Erzeugung von Tochterknollen verwendet werden kann. Die Substanz der Mutterknolle wird, um einen bildlichen

*) Als ich die hier mitgetheilten Versuche ausführte, waren mir darauf bezügliche Angaben aus der Litteratur nicht bekannt. Später aber fand ich folgende, von mir früher übersehene Notiz bei Hanstein (Sitz.-Ber. d. Niederrhein. Gesellschaft in Bonn, vom 13. Februar 1871), „dass Kartoffelknollen ohne dazwischen vollbrachte Laub-Vegetation junge Knollen treiben, ist bekannt, kommt oft im Grossen vor und ist schon künstlich hervorgerufen und industriell verwerthet worden. Einige solche Fälle hat neuerdings K. Koch (s. Sitzungsberichte der Gesellschaft naturforsch. Freunde zu Berlin, Oct. 1870) besprochen und dabei die befremdende Hypothese aufgestellt, diese Kartoffeln möchten, insofern sie zwischen anderen in der Erde liegen, mittelst ihrer Wurzeln mit denen dieser anderen verwachsen und durch dieselben alsdann ernährt und zu Neubildungen fähig gemacht sein." Auf diese Mittheilung Koch's, welche mir leider nicht zugänglich ist, sei hier verwiesen.

Ausdruck zu gebrauchen, aus dem alten in neue Schläuche gegossen. Das Räthselhafte dieses Vorganges aber liegt darin, dass die Substanz der Mutterknolle durch den einfachen Verwandlungs-Process in Tochterknollen ihre Lebensdauer um ein Jahr verlängert. Wie dies zu Stande kommt, wie die Vegetationspunkte der Knollen — denn auf ihnen beruht ja offenbar der ganze Vorgang — auf die aus ihnen hervorgehenden Bildungen eine solche verjüngende Wirkung auszuüben vermögen, bleibt einstweilen ein Räthsel.

Die Mutterknolle und ihre Wechselbeziehung zur jungen Pflanze.*)

Unter normalen Verhältnissen erzeugt die Kartoffelknolle die junge Pflanze oder Pflanzen, ernährt diese bis zur eigenen Erschöpfung, um dann zu Grunde zu gehen. Soweit mir bekannt, ist in der Litteratur nur ein Vorkommniss verzeichnet, welches eine Ausnahme von dieser Regel darstellt. De Vries**) fand in einem Beet von Heiligenstädter Kartoffeln bei der Ernte einige Mutterknollen, welche theilweise erhalten geblieben waren. Bei näherer Untersuchung ergab sich, dass diese Knollen aus einzelnen Augen Laubtriebe, aus anderen dagegen Stolonen mit jungen Knollen gebildet hatten. Den letzteren war die zum Wachsthum nothwendige Nahrung von den Laubsprossen her durch die Mutterknolle zugeführt worden und dem entsprechend fand sich, dass das leitende Gewebe dieses Organes, welches Sprosse und Ausläufer verband, frisch und lebendig geblieben, alles Uebrige dagegen in Zersetzung übergegangen war. Wie die histologische Untersuchung zeigte, hatte an den fraglichen Orten das Cambium der Bündel eine abnorme Thätigkeit entfaltet und Schichten von Holz und Bast erzeugt, von denen das erstere aus Holzfasern und Gefässen bestand.

In diesem Falle war demnach die Mutterknolle mit der jungen Pflanze in eine Wechselbeziehung getreten, die man sonst mit dem Namen Correlation bezeichnet, und welche hier eine durchaus abnorme Erscheinung darstellt. Ich werde jetzt zeigen, wie man dieselbe künstlich hervorrufen kann.

Es giebt zwei Wege, auf welchen man diesen Zweck erreichen kann, einen, der fast ausnahmslos, den andern, der in vielen Fällen zum Ziele führt. Fassen wir zunächst den letzteren in's Auge.

Setzt man Knollen der Sechswochen-Kartoffel mit Vortrieben bis zu etwa halber Höhe aufrecht in mit feuchter Erde gefüllte Schalen, und lässt die normale tägliche Beleuchtung auf sie einwirken, so dauert es meist geraume Zeit, ehe an den Vortrieben Wachsthumserscheinungen eintreten. Am spätesten beginnen diese dann, wenn die Knollen in der Region der Erdoberfläche keine Laubsprosse erzeugen. Dieser Fall kommt vereinzelt vor. Es entstehen am Scheitel des Vortriebes ein oder zwei Laubsprosse, die freilich sehr langsam wachsen und niemals beträchtliche Höhe erreichen; die längsten hatten 25—30 cm. Höhe. Ihre Blätter hatten eine dem Stengelumfang entsprechende Grösse, waren bald normal dunkelgrün und mit glatter Oberfläche versehen, bald von gelblicher Farbe bei etwas gekräuselter Fläche, Zeichen von nicht normaler Beschaffenheit.

*) Nachträgliche Anmerkung. Während der Text dieser Arbeit niedergeschrieben wurde, erschien eine kurze Mittheilung von C. Kraus, welche ebenfalls den in der Ueberschrift berührten Gegenstand behandelt und auf die hier daher verwiesen sei: „Das Wachsthum der Lichttriebe der Kartoffelknollen unter dem Einfluss der Bewurzelung." Berichte der Deutschen botanischen Gesellschaft III. S. 388. (Sitz. vom 29. Dec. 1885.)

**) Landwirthschaftliche Jahrbücher VII, S. 669.

Schneller entwickeln sich die Laubsprosse am Vortrieb dann, wenn die Mutterknolle an oder dicht unter der Erdoberfläche Triebe erzeugt, welche Wurzeln bilden und über die Erdoberfläche vordringen. Durch sorgfältiges Entfernen der grünen Theile dieser Triebe und bei Erhaltung der wurzelführenden, in Erde befindlichen lässt sich erreichen, dass die Mutterknolle reichlicher Wasser erhält, und die Triebe an der Spitze sich in Folge dessen schneller entwickeln. Aber auch jetzt erreichen dieselben keinen grösseren Umfang, als im vorigen Falle.

Im einen wie im andern Falle ist es nothwendig, die Pflanzen mit Sorgfalt zu pflegen. Intensive Beleuchtung ertragen sie stets nur während kurzer Zeit, da offenbar die Wasserzufuhr durch die Knolle nicht ausreicht, um den durch starke Verdunstung entstehenden Verlust zu decken. Trotz aller Vorsicht in der Pflege stellten sich jedoch regelmässig gegen Ende Juni oder Anfang Juli Störungen ein, die Pflanzen welkten auch bei mässig intensiver Beleuchtung. Anfangs erholten sie sich wieder, bald aber geschah dies nicht mehr und kurze Zeit darauf stellten sich die deutlichen Folgen des Verfalles ein.

An keinem dieser Objecte wurden an den in der Luft befindlichen Theilen Knollen erzeugt. Die Stolonen, welche an den Vortrieben vorhanden waren, veränderten sich entweder gar nicht, oder wuchsen nur um ein Geringes in die Länge.

Beim Herausnehmen der Pflanzen aus den Töpfen ergaben sich folgende Verhältnisse. Aus einzelnen Knospen der Mutterknollen im Bereich der Erde waren Stolonen hervorgegangen, die ein reich gegliedertes Wurzelsystem gebildet hatten. (Taf. I, Fig. 5.) Die meist verzweigten Stolonen führten ferner Knollen von wechselnder Grösse. Während man im einen Falle Zweifel darüber hegen konnte, ob die Ernährung der jungen Knollen lediglich mit der Substanz der Mutterknolle geschehen sei, oder ob auch eine Zufuhr plastischer Stoffe von den grünen Theilen her stattgefunden habe, war im andern jede Unsicherheit des Urtheils ausgeschlossen. Grösse und Gewicht der Tochterknollen, verglichen mit denen des Mutterorgans, zeigten mit Bestimmtheit, dass eine Wanderung plastischer Substanz von oben her durch die Mutterknolle stattgefunden haben musste, um so mehr, als ja auch das ganze Wurzelsystem und die Stolonen hergestellt worden waren.

Die Mutterknollen dieser Objecte waren nahezu gänzlich in Zersetzung übergegangen. Erhalten fanden sich nur noch schmale Brücken von Gewebe zwischen dem Vortrieb und den Knollensprossen, in der Fig. 5, Taf. I das Gewebe zwischen dem Vortrieb und den Knollen rechts, und von da bis zu den Knollen an der Basis. Und zwar bestand das ganze frische Gewebe lediglich aus den Gefässbündeln und sie umhüllenden dünnen Parenchym-Mänteln. Die Gefässbündel selbst hatten unter den vorerwähnten Bedingungen ein nicht unbeträchtliches Dickenwachsthum erfahren; im Ganzen waren sie jedoch nicht in dem Grade entwickelt, wie in den bald zu besprechenden Versuchen, und es mag daher die nähere Erörterung derselben bis dahin verspart werden.

Bei der eben geschilderten Versuchsform wird die Mutterknolle als wichtiger Bestandtheil, geradezu als Grundstock der ganzen Pflanze eingeschaltet. Es findet durch sie die Bewegung sämmtlicher Stoffe, sowohl der plastischen, als des Transpirations-Stromes statt. Günstiger für die Pflanze gestalten sich die Verhältnisse in der zweiten Form des Experimentes. In dieser wird dem Vortrieb gestattet, Wurzeln zu bilden, während die Mutterknolle nur die Tochterknollen zu erzeugen hat. Das zur Erreichung dieses Zweckes einzuschlagende Verfahren ist sehr einfach. Man setzt die Knollen bis zu etwa zwei Drittel ihrer Höhe aufrecht in feuchte Erde und bedeckt das obere Drittel nebst der Basis des Vortriebes

mit einer dünnen Erdschicht, welche beständig feucht gehalten wird. Es entwickeln sich nun rasch die basalen Wurzelanlagen des Vortriebes, wachsen in die Erde des Topfes hinab, und bilden dort ein reiches Verzweigungs-System. Sobald sie genügend erstarkt sind, entfernt man die aufgehäufte Erde mit der Spritzflasche, die Wurzeltheile in der Luft erhärten und sind später im Stande, selbst das intensive Sonnenlicht zu ertragen. Durch die Wurzeln im Boden werden die Laubsprosse reichlich mit Wasser versorgt und man erhält so leicht Pflanzen von beträchtlichem Umfang.

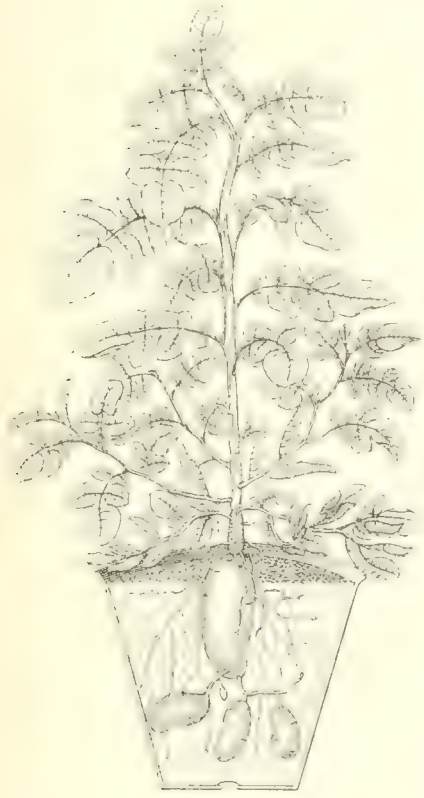


Fig. 1.

Auch diese Objecte nun bilden, wenn sie unter dem Einfluss des Tageslichtes wachsen, ihre jungen Knollen an dem Mutterorgan im Boden, wie es in der Figur 1 halbschematisch angedeutet ist. Aus basalen oder der mittleren Region angehörenden Knospen entspringen Ausläufer, welche an ihrem Scheitel direct in Knollenbildung übergehen, oder an Seitensprossen die jungen Knollen erzeugen. Die Wurzelbildung an den Stolonen ist in diesem Falle nur gering. Nunmehr findet durch die Mutterknolle nur die abwärts gehende Bewegung der plastischen Substanzen statt, von der Leitung des Transpirations-Stromes, der ihr nach dem früher Gesagten offenbar grosse Schwierigkeiten bietet, ist sie ausgeschlossen, daher das ungleich bessere Gedeihen der Pflanzen bei dieser Form des Versuches.

Auch in diesem Falle tritt stets im Laufe des Sommers die Zersetzung der Mutterknolle ein. Gewöhnlich aber sind diejenigen Stränge, welche die plastischen Stoffe zu den Stolonen leiten, sehr kräftig entwickelt und leisten der Zersetzung ungleich länger Widerstand, als die entsprechenden Theile in der ersten Versuchsform. Am besten gelingen unsere Experimente dann, wenn man sie früh in den Monaten März und April einleitet; man erhält in diesem Falle bis zu den Sommermonaten eine meist ausgiebige Knollenbildung im Boden. Weniger reichlich ist die letztere, wenn man die Mutterknollen später, etwa Ende oder Mitte Mai, einpflanzt. Bei der um diese Zeit meist eintretenden höheren Temperatur beginnt der Fäulnissprozess des Knollengewebes, ehe die leitenden Bündel genügend erstarkt sind. Während aber bei der ersten Versuchsform in diesem Falle die Pflanzen rasch zu Grunde gehen, bleiben sie bei der zweiten erhalten; die Erscheinungen, welche nun bei den letzteren eintreten, werden jedoch erst im Folgenden zur Behandlung gelangen.

Die zuletzt erörterten Versuche gelingen nicht nur mit Objecten, welche einen ausgebildeten Vortrieb besitzen, sondern wohl mit den Knollen jeder Varietät. Ich habe sie unter Beobachtung der gleichen Bedingungen mit verschiedenen Formen angestellt, deren Apicaltriebe sich erst zu entwickeln hatten, und erhielt im Wesentlichen stets das gleiche Ergebniss. In allen Fällen gelang es, die Mutterknolle in das System der Pflanze einzufügen. Von Interesse waren dabei gewisse Fälle, in denen nur eine stattliche Tochterknolle gebildet wurde, welche fast genau der Basis des Mutterorgans inserirt war. An solchen Objecten kam der polare innere Gegensatz zwischen Scheitel und Basis der Knolle in auffallender Weise zum Ausdruck. Während sich derselbe unter normalen Verhältnissen nur am Scheitel äussert, zeigte er sich hier unter abnormen Bedingungen an den beiden Enden; die Spitze erzeugte Laubtriebe, die Basis Ausläufer mit Knollen. Die Knospen der Mutterknolle, welche unter normalen Bedingungen nur Laubtriebe hervorbringen oder in Ruhe bleiben, gingen jetzt theilweise in Stolonenbildung über. Es trat sonach eine Arbeitstheilung unter den Knospen ein, welche jedoch lediglich durch die äusseren Factoren bedingt wurde.

An dieser Stelle sei übrigens bemerkt, dass man auch sonst noch gelegentlich eine Wechselwirkung zwischen den Knospen einer Knolle beobachten kann. So findet man unter verschiedenen Bedingungen nicht selten, dass Augen, welche den sich entwickelnden Laubtrieben am Scheitel nahe stehen, zu Stolonen werden. Ja, dies kann selbst geschehen, wenn die Knollen mit ihrem oberen Theile dem Einfluss des Lichtes ausgesetzt sind. Ein solcher Fall ist in Fig. 6 Taf. II dargestellt.

Werfen wir jetzt einen raschen Blick auf den Bau der Gefässbündel, welche die Leitung zwischen den ober- und unterirdischen Producten unserer Knollen besorgen. Wie oben erwähnt, erfahren dieselben an den fraglichen Orten ein abnormes Dickenwachsthum. Unter normalen Verhältnissen bekanntlich nur klein und unentwickelt, erlangen sie jetzt beträchtlichen Umfang und erzeugen vermittelst eines wohl ausgebildeten Cambiums nicht nur Tracheiden, sondern auch Libriform. Die ersteren sind kurz, cylindrisch, tonnenförmig oder, zumal in den Anastomosen, von auffallenden Gestalten; sie haben leiter- oder netzförmige Wandverdickungen oder behöfte Tüpfel. Die Libriformzellen sind ebenfalls verhältnissmässig kurz, jedoch länger, als die vorigen, und ihre Wände reich mit kleinen Tüpfeln besetzt; ihre Anordnung ist eine regelmässig radiale. — Wie das Xylem, so erfährt auch das Phloem dieser Bündel eine entsprechend kräftige Ausbildung und ist reich mit kurzen Siebröhren und Cambiformzellen ausgerüstet. Die Erzeugung von Hartbast dagegen wurde niemals beobachtet.

Wir gelangen nunmehr zur Besprechung einer eigenthümlichen und in mehr als einer Hinsicht räthselhaften Erscheinung. Wie mit Vortrieben versehene Knollen, wenn bis zu halber Höhe in die feuchte Erde gesetzt, sich im Finstern verhalten, wurde früher gezeigt. An ihnen bilden sich die jungen Knollen nur an den Vortrieben, nie an der Mutterknolle. Es entstand nun die Frage, wie die Objecte sich verhalten würden, wenn sie, nachdem ihr Wachsthum im Finstern bis zu einem gewissen Grade vorgeschritten ist, dem Tageslichte ausgesetzt werden. Zur Entscheidung dieser Frage wurden in eine Schale mit feuchter Erde sechs kräftige Knollen bis zu halber Höhe eingesetzt und unter einem schwarzen Recipienten der Entwickelung überlassen. Nachdem an den Vortrieben eine Anzahl Knöllchen

gebildet war, wurde der Recipient entfernt und, nachdem die Objecte allmälig an den Lichteinfluss gewöhnt waren, die Schale in unmittelbare Nähe eines Ostfensters gestellt.

Von den sechs Knollen erzeugten zwei aus ruhenden Knospen an der Basis der Vortriebe nachträglich Laubsprosse, und im Boden Stolonen mit Wurzeln und Knollen; ihre Vortriebe und deren übrige Producte zeigten, abgesehen davon, dass sie ergrünten, keine bemerkenswerthen Veränderungen. — Ganz anders aber und höchst eigenthümlich verhielten sich die übrigen Knollen. Auch bei ihnen ergrünten zunächst die sämmtlichen im Dunklen gebildeten Theile, es fand aber keine Bildung von Laubsprossen statt. Erzeugt wurden dagegen mehr oder minder meist sehr zahlreiche Stolonen, welche winzige Blattschuppen führten und ebenfalls intensiv ergrünten. (Taf. I, Fig. 6.) Sie entsprangen an verschiedenen Orten, in den Blattachseln des Vortriebes, der schon Anfangs vorhandenen Ausläufer, sowie der Knollen; die stärkeren von ihnen bildeten zarte seitliche Sprossungen gleicher Natur. Fast alle hatten horizontale oder abwärts geneigte Wachsthumsrichtung. — In einem der Fälle entstand ein paradoxes Gebilde. Es verlängerte sich der Scheitel des Vortriebes unter beständig zunehmender Verdickung und gleichzeitig erfolgender Krümmung, bis die eigenthümliche, in Fig. 6, Taf. II dargestellte Gestalt erreicht war.

Gegen Ende Juni und Anfang Juli zeigten auch in diesem Versuche die Mutterknollen local Zersetzungs-Erscheinungen, ein Umstand, der zum Herausnehmen und zu näherer Untersuchung der unterirdischen Theile Veranlassung gab. Es fand sich, dass die Mutterknollen auch hier bald an der Basis, bald über derselben Stolonen mit Wurzeln und jungen Knollen gebildet hatten. Auch in diesem Falle war also in der Mutterknolle eine Bewegung nach beiden Richtungen erfolgt, des Wassers nach oben, der plastischen Substanzen nach unten. Die Mutterknolle bildete auch jetzt wieder den Grundstock der ganzen Pflanze.

Zu den dicht mit Stärke erfüllten jungen Knollen im Boden ist jedoch zu bemerken, dass auch die den gleichen Objecten angehörenden, dem Lichte ausgesetzten Knollen, Knöllchen und Stolonen reichlich mit Stärke versehen waren.

Zwei Dinge sind es, welche an den eben beschriebenen Objecten besonders auffallen. Erstens, dass der Einfluss des Lichtes, nachdem im Dunkeln am Vortrieb die Knollenbildung schon begonnen hatte, noch die Entstehung von Ausläufern und Knollen im Boden bewirken konnte. Zweitens die Erzeugung der zarten Ausläufer an den oberirdischen Theilen im Licht. Es kommt zwar unter normalen Bedingungen im Boden nicht selten vor, dass die Terminalknospe einer jungen Knolle sich zum Ausläufer entwickelt, allein in diesem Falle findet der Vorgang im Dunkeln statt, um bald wieder in Knollenbildung zu enden. An den vorhin beschriebenen Objecten dagegen entstanden die Stolonen im Hellen und, von den übrigen Orten abgesehen, manchmal aus allen Knospen einer Knolle, während die Laubsprossbildung völlig unterblieb. Offenbar war die Natur dieser Objecte unter den abnormen Bedingungen in hohem Grade erschüttert. Man betrachte die Abbildungen und vergleiche damit das normale Wachsthum einer Kartoffelpflanze!

Die Knollenbildung an oberirdischen Theilen und der Einfluss von Dunkelheit und Licht.

Knollenbildung im Dunkeln.

Durch unsere ganze bisherige Darstellung zieht sich der Nachweis des Einflusses, welchen Licht und Dunkelheit auf den Prozess der Knollenbildung besitzen. Aber erst im Folgenden, bei Anwendung neuer Untersuchungsmittel, wird es möglich sein, die Bedeutung dieser Factoren völlig aufzudecken.

Unsere nächste Erörterung knüpft an die oben dargethane Möglichkeit, kräftige Pflanzen aus solchen Knollen zu ziehen, deren Vortriebe sich zwar über der Erde befinden, an ihrer Basis aber ein ausreichend entwickeltes Wurzelsystem zu bilden vermögen. In Rücksicht auf unsere spätere Darlegung dürfte es zweckentsprechend sein, das Wachsthum einer solchen Pflanze zunächst etwas genauer zu betrachten. (Vergl. Fig. 1 auf S. 13.)

Vorab ist zu bemerken, dass es, um die Pflanzen zu gedeihlicher Entwickelung zu bringen, erforderlich ist, genügend grosse Töpfe und nahrhafte Gartenerde zu verwenden.

Hat der Vortrieb keine Verletzung erfahren, so wächst unter normalen Verhältnissen sein Scheitel zu einer kräftigen Hauptaxe heran. Es entwickeln sich ferner in der Regel diejenigen Knospen zu Laubsprossen, welche bis zur Stolonenregion folgen, jedoch ist ihr Verhalten nicht in allen Fällen gleich. Bald sind die unteren die stärksten, während die darauf folgenden rasch an Länge abnehmen, bald bleiben die unteren kürzer, und die auf sie zunächst folgenden erfahren das kräftigste Wachsthum. Stets aber nimmt die Länge der Triebe nach oben rasch ab. — Bezüglich ihrer Wachsthumsrichtung gilt im Allgemeinen, dass die unteren Sprosse etwa horizontale Richtung haben und erst in ihrem apicalen Theile sich etwas emporkrümmen; die auf diese nach oben folgenden bilden allmälig kleiner werdende obere Winkel mit der Hauptaxe und krümmen sich zugleich energischer empor. Der eigenthümlichen Laubsprosse, welche bei gewissen Störungen im Stoffwechsel auftreten, wird erst später gedacht werden.

Wie erwähnt, nehmen die Laubsprosse von der Basis aus nach oben rasch an Länge ab; die Knospen der auf sie folgenden ganzen mittleren Region der Hauptaxe bleiben meistens in Ruhe. Erst nach ihrer Spitze hin beginnt die letztere sich wieder zu verzweigen und bildet hier zwei oder mehrere Seitenglieder.

Soviel über die morphotischen Verhältnisse unserer in Töpfen gezogenen Objecte.

Der Umstand, dass wir mit dem Vortrieb die Knollenregion der Pflanze über die Erde zu verlegen im Stande sind, bietet uns die Möglichkeit, den Einfluss von Licht und Dunkelheit, von feuchter und trockener Luft auf die Knollenbildung näher zu studiren. Vor Allem haben wir es in unserer Gewalt, den Vorgang der Knollenbildung sich unter unseren Augen abspielen zu lassen.

Leitet man im Frühjahr, im März und Anfangs April, die Versuche ein, setzt die Knollen in der oben beschriebenen Art so ein, dass die Vortriebe sich zwar über der Erde befinden, von ihrer Basis aus aber ein kräftiges Wurzelsystem bilden, und hält die Pflanzen fortwährend im vollen Tageslicht, so entwickeln sich dieselben in der Regel zunächst frisch und kräftig. Dabei tritt gewöhnlich über der Erde

keine Knollenbildung ein, wohl aber findet diese, wie oben gezeigt wurde, im Bereich des von der Erde umgebenen Theiles der Mutterknolle statt. Hier entstehen mehr oder weniger zahlreiche Tochterknollen, deren Gewicht das der Mutterknolle erheblich überragen kann.

Anders gestaltet sich die Sache, wenn man die Knollenregion dem Dunkel aussetzt. Der Versuch erhielt folgende Gestalt. Es wurden Zinkrecipienten hergestellt, welche aus zwei Längshälften bestanden. Vermittelst breiter gutgearbeiteter Ränder konnten die letzteren so übereinander geschoben werden, dass die Spalten nur minimale, für unsern Zweck nicht in Betracht kommende Lichtmengen durchliessen. Unten waren die Recipienten offen, oben dagegen durch eine Wand verschlossen, welche in der Mitte eine, den beiden Hälften angehörende, der Dicke kräftiger Stengel entsprechende Oeffnung führte. Eine zweite, auf der einen Hälfte angebrachte Oeffnung war für die Einführung eines Thermometers bestimmt, konnte aber nach Wegnahme desselben durch einen Deckel fest verschlossen werden. In Rücksicht auf bequeme Bewegung waren in der Mitte beider Hälften Handgriffe angebracht.

Sobald der Scheitel des Vortriebes eines zum Versuch bestimmten Objectes sich zu einem Laubspross von geringer Länge entwickelt hatte, wurde der Topf von den beiden Recipienten-Hälften so umschlossen, dass nur die Spitze der Hauptaxe durch die mittlere Oeffnung daraus hervorragte. Der neben dem Spross bleibende Raum der Oeffnung wurde dicht mit Watte verstopft. Um auch jeden Lichtzutritt von unten abzuschneiden, erhielt die ganze Vorrichtung ihren Platz in einer grossen, mit einer Sandschicht gefüllten Thonschale, so zwar, dass der untere Rand des Recipienten in den Sand hinabragte. Einer möglichst normalen Entwickelung halber wurden die Pflanzen am Tage im Freien dem Sonnenlicht ausgesetzt, nachdem zuvor die Recipienten, um eine abnorme Erhöhung der Temperatur unter denselben zu vermeiden, mit einer mehrfachen Schicht weisser Tücher bedeckt waren. Von Zeit zu Zeit vorgenommene thermometrische Bestimmungen ergaben, dass unter diesen Verhältnissen die Temperatur-Erhöhung im Recipienten so gering war, dass sie auf das Ergebniss des Versuches keinen Einfluss hatte.

Unter den angegebenen Bedingungen erhielten nun die Objecte zweierlei Stellungen. Im ersten Falle wurde der Topf so hoch gestellt, dass nur der Vortrieb und ein ganz kurzes Stück der Hauptaxe vom Recipienten umgeben, der ganze übrige Theil der letzteren aber dem Licht ausgesetzt war. Die Seitensprosse, welche auf der Höhe der Recipienten-Oeffnung standen, wurden vorsichtig entfernt.

Das Ergebniss dieses Versuches war meinen Erwartungen entsprechend. Die Stolonen des Vortriebes begannen ein rasches Wachsthum; sie wurden zu langen, starren, horizontal oder schwach abwärts gerichteten, sich oft mehrfach verzweigenden Gebilden. Ausser den Stolonen entwickelten sich reichlich Wurzeln, sowohl aus dem Vortriebe, als den Stolonen; die von ihnen erreichte Länge war oft sehr beträchtlich, und sie bildeten mit den Stolonen und deren Producten am Schluss des Versuches eine dichte Masse.

An den Stolonen erschienen nun weiter die Knollen, und zwar waren es hauptsächlich die zarteren, als Seitenbildungen aus den stärkeren Ausläufern oder auch direct aus dem Vortrieb entspringenden, welche an ihrer Spitze in Knollenbildung übergingen und deren Wachsthumsprozess sich nun leicht verfolgen liess. Die Form, welche hierbei die Knollen annahmen, war im Allgemeinen die normale.

Als am Schluss des Versuches die in Zersetzung übergegangenen Mutterknollen untersucht wurden, fand sich, dass in keinem Falle die in unserem früheren Experiment beobachtete abnorme Knollenbildung

im Boden stattgefunden hatte. Daraus folgt, dass das Licht in jenem Versuch die Knollenbildung über der Erde verhindert und dafür die abnorme an der Mutterknolle im Boden bedingt hatte.

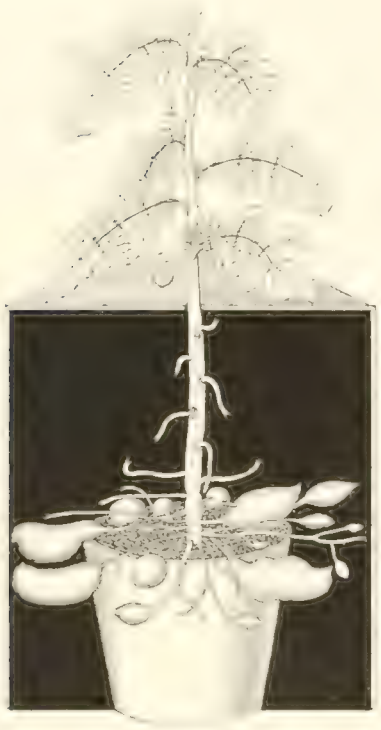


Fig. 2.
Die Wurzeln sind in dieser Figur weggelassen.)

Die zweite Stellung, welche dem Object unter sonst völlig gleichen Bedingungen gegeben wurde, wich nur dadurch ab, dass die Hauptaxe, bevor sie an's Licht gelangte, erst eine längere Strecke, etwa 10—12 cm. im Dunkeln zu wachsen hatte. (Fig. 2.) Unter diesen Verhältnissen verlief die Stolonen-, Knollen- und Wurzelbildung, wie im vorigen Versuch, jedoch trat noch eine interessante Erscheinung hinzu. Die jungen Knospen der Hauptaxe, welche sich im Bereich des Recipienten befanden, entwickelten sich zu stolonenartigen Bildungen; die unteren hatten etwa horizontale Richtung, während die oberen sich energisch abwärts krümmten. Ihr Wachsthum stand jedoch bald still, und sie erzeugten in meinen Versuchen niemals Knollen. Zu bemerken ist noch, dass sie erst dann auftraten, wenn die dem Licht ausgesetzten Theile der Pflanze schon einige Ausbildung erfahren hatten.

Was die Wachsthumsrichtung dieser Sprosse anlangt, so beruhte dieselbe offenbar auf Geotropismus. Der Verschluss der Oeffnung, durch welche die Hauptaxe in's Freie ragte, war so dicht, dass die etwa durchdringende Lichtmenge von keinem Einfluss sein konnte.

Vergleicht man die Objecte unseres Versuches mit solchen Pflanzen, deren Hauptaxe ihrer ganzen Länge nach dem Licht ausgesetzt war, so ergiebt sich, dass die Verdunkelung und feuchte Atmosphäre allein genügen, um die Sprossanlagen des basalen Theiles der Axe zu Ausläufern sich entwickeln zu lassen. Was unter anderen Umständen zum Laubspross geworden wäre, gestaltet sich jetzt zum Stolo.

In unseren bisherigen Versuchen diente als Apparat zur Verdunkelung der Zinkrecipient. In demselben fand neben der Ausläufer- und Knollen- eine reichliche Wurzelbildung statt. Schon dieser Umstand deutet auf Wasserdampfgehalt in dem Recipienten, und in der That wird derselbe trotz der häufigen Lufterneuerung von der stets feucht gehaltenen Erde des Topfes aus reich mit Wasserdampf versorgt. Es entsteht die Frage, ob und inwieweit der letztere von Einfluss auf den Process der Knollenbildung gewesen sei.

Um diese Frage zu beantworten, wurde der vorige Versuch wiederholt, jedoch mit dem Unterschiede, dass statt der Zink- mit schwarzem Papier überzogene Papprecipienten verwendet wurden. Durch anderweitige Versuche hatte ich mich überzeugt, dass auch eine Wand von kräftiger Pappe dem

Wasserdampf leichten Durchgang gestattet. Um die Luft im Recipienten noch mehr zu trocknen, wurden in demselben kleine Gefässe mit Schwefelsäure aufgestellt.

Der Erfolg der neuen Anordnung zeigte sich sehr bald. Es gelangten keine Wurzeln zur Ausbildung, und die Stolonen erfuhren ein nur geringes Längenwachsthum. Knollen dagegen erschienen reichlich, und die meisten derselben hatten normale Gestalt. Daneben aber kamen höchst sonderbare, für die Natur der Knollenbildung lehrreiche Formen vor. (Taf. II, Fig. 3 u. 4.) So wurde ein Fall beobachtet, in welchem ein Ausläufer unregelmässig anschwoll, während seine Achselknospen zu kleinen Knollen heranwuchsen. (Fig. 3.) Der vordere Theil des Stolo bog sich auffallend zur Seite, während die an der Krümmung entspringende kräftige Knolle die Richtung der Mutteraxe einschlug. Aehnliche, wenn auch minder ausgesprochene Fälle wurden mehrfach beobachtet. Fig. 4 Taf. II stellt eine andere Form dar, die ebenfalls wiederholt beobachtet wurde. — Ueberhaupt habe ich in keinem meiner Versuche eine so grosse Anzahl von monströsen Knollenbildungen wahrgenommen, wie in dem eben beschriebenen.

Am Schluss der Versuche fand sich beim Herausnehmen der Pflanzen aus den Töpfen, dass die Mutterknollen in Zersetzung übergegangen waren, dass aber in wenigen Fällen an ihnen einzelne Tochterknollen gebildet worden waren, eine Erscheinung, welche bei den mit Zinkrecipienten angestellten Versuchen, wie früher erwähnt, niemals beobachtet wurde.

Der letzterwähnte Umstand, sowie das geringe Wachsthum der Stolonen und das Auftreten von verhältnissmässig zahlreichen Knollen-Abnormitäten führt mit Bestimmtheit zu dem Schluss, dass ein reicher Wasserdampfgehalt der Luft von förderndem Einfluss auf die Knollenbildung sei. Vielleicht lässt sich der Sache folgende Deutung geben. Die Knolle ist ein Organ, dessen Elemente einen reichen Wassergehalt besitzen, und die unter normalen Verhältnissen keine oder selbst in trockenem Boden nur sehr geringe Verdunstung erfahren. Ganz anders, wenn sie in trockener Luft wachsen. Nun erfolgt, zumal von der jungen Knolle, eine relativ reichliche Abgabe von Wasserdampf an die umgebende Luft, der Turgor der äusseren Gewebeschichten sinkt und dieser Umstand wirkt, gleichviel in welcher Art, hemmend auf das Wachsthum der Knollen. In dieser Störung aber dürften die Ursachen für das Auftreten der abnormen Knollengestalten zu suchen sein.

Betrachtet man vergleichend die Ergebnisse der verschiedenen Versuche, in denen mit dem Vortrieb die Knollenregion über die Erde verlegt wurde, so ergiebt sich in schlagender Weise die Richtigkeit der alten Behauptung, dass das Licht von hemmender, die Dunkelheit von fördernder Wirkung auf den Process der Knollenbildung sei. Und zwar erstreckt sich diese Wirkung sowohl auf den Ort der Anlage, als auf das Wachsthum der einmal angelegten Gebilde. — In ähnlicher Weise, wenn auch in ungleich geringerem Grade, erweisen sich wasserdampfreiche und -arme Luft als wirksam.

Nunmehr ergiebt sich auch ein Verständniss für das Auftreten von Stolonen und jungen Knollen an der Mutterknolle in unseren früheren Versuchen. Es war das Licht, welches hemmend auf die Thätigkeit des Vortriebes einwirkte, und die Dunkelheit, welche die Knollenbildung an den basalen Theilen des Mutterorganes hervorrief. Die Knolle der Kartoffel ist ein Gebilde, in welchem die Bewegung der plastischen Substanzen normal nur nach dem Scheitel hin stattfindet; der Strömung in entgegengesetzter Richtung stehen offenbar Widerstände gegenüber. Die letzteren nun können durch die äusseren Factoren überwunden und damit die Mutterknolle in den Bau der jungen Pflanze eingeschaltet werden.

Knollenbildung im Hellen.

Dass die Bildung von Knollen auch an den dem Lichte ausgesetzten grünen Theilen der Pflanze vor sich gehen kann, ist sowohl im Freien bei gewöhnlicher Cultur wiederholt beobachtet, als auch experimentell erwiesen worden. Indem ich bezüglich der in der Litteratur vorliegenden Angaben auf die von de Vries*) gegebene Zusammenstellung verweise, hebe ich hier nur Folgendes hervor.

Wenn in sehr nassen Jahren die Erzeugung von grünen Knollen in den Achseln der Laubblätter als häufige Erscheinung auftritt, so stellt dieselbe jedenfalls eine Krankheit dar. Nach Suringar**) dürfte die durch Fäulniss erfolgte, mehr oder weniger vollständige Trennung der oberirdischen von den unter der Erde befindlichen Theilen die nächste Ursache der Abnormität sein.

Nach Putsche und Bertuch***) giebt es aber auch Varietäten, bei denen grüne Achselknollen eine normal vorkommende Erscheinung darstellen. Ich habe solche Formen niemals beobachtet, und meine Bemühungen, sie zu erlangen, waren erfolglos. Es würde von Interesse sein, das Wachsthum und die innere Oeconomie solcher Pflanzen einer näheren Untersuchung zu unterwerfen.

Wir gelangen damit zu dem für uns wichtigeren Gegenstande, zu der Möglichkeit, auf experimentellem Wege Knollen an den oberirdischen grünen Theilen entstehen zu lassen.

Die wichtigsten Angaben, welche darüber vorliegen, sind die von Knight;†) sie bedürfen hier einer etwas eingehenderen Besprechung, da de Vries ihrer nur kurz und auf Grund secundärer Quellen erwähnt. Knight geht bei seiner Untersuchung von den Vorstellungen aus, welche er sich über die Säftebewegung im Pflanzenkörper gebildet hat. Seine Hauptaufgabe bestand in dem Nachweis, dass „a fluid“ von den Blättern herabströme, um im Boden die Knollen zu bilden. Als geeignetes Object der Untersuchung wählte er eine sehr frühe Kartoffel-Varietät, welche keine Blüthen bildet. Den Mangel der letzteren erklärte er sich durch die Annahme, dass die früh sich entwickelnden Knollen auch den Theil der plastischen Substanz, des „true sap“ an sich rafften, welcher sonst zur Erzeugung von Blüthen und Samen verwendet wird.

Die Ausführung des Versuches geschah nun in der Art, dass Stecklinge jener Varietät in Töpfe gesetzt wurden, die mit Erde, und zwar möglichst hoch über den Rand gefüllt waren. Nachdem die Objecte sich festgewurzelt hatten, wurde die Erde, welche die Basis des Stengels umgab, weggeschwemmt. Nunmehr befand sich der ganze Stengel, auch seine Knollenregion, in der Luft, und hatte nur durch die Wurzeln Verbindung mit der Erde. Bald bestrebte sich die Pflanze, Ausläufer und Knollen hervorzubringen, allein alle diese wurden zerstört, sobald sie auftauchten. Als Folge ergab sich, dass: „An increased luxuriance of growth now became visible in every plant, numerous blossoms were emitted and every blossom afforded fruit.“

Da aber anzunehmen war, dass nur ein kleiner Theil der plastischen Substanz zur Erzeugung von Blüthen und Samen verwendet wurde, so entstand die Frage, was aus dem Rest werden möchte. War es

*) Landwirthschaftliche Jahrbücher. Bd. VII, S. 659.

**) l. c. S. 660.

***) Ibidem.

†) T. A. Knight. Philos. Transactions, May 1806 and Febr. 1809. In: Selection from the physiological and horticultural Papers. By. T. A. Knight. London 1841. p. 130 and 153 ff.

möglich, die Pflanze zu veranlassen, aus diesem an den äussersten Spitzen der Seitenzweige, den von der Erde entferntesten Punkten, Knollen zu bilden? Es wurde daher Sorge getragen, dass ausser an den genannten Orten nirgends Knollen entstehen konnten. Und nun fügten sich die Pflanzen in der That den Wünschen des Experimentators. „After an ineffectual struggle of a few weeks the plants became perfectly obedient to my wishes, and formed their tubers precisely in the places I had assigned them.“ Während des Versuches wurden viele Knoten der Stengel straff und vergrössert, ein Umstand, der Knight zu der Ansicht führt, dass, wenn man die Bildung der Knollen völlig verhindert hätte, jene Knoten eine Organisation erlangt haben würden, die sie befähigt hätte, im nächsten Frühjahr Triebe hervorzubringen.

Einen weiteren Versuch führte Knight an der Pflanze einer Varietät mit starkem vegetativem Wuchse aus. Er trennte die Seitenzweige so weit von der Hauptaxe, dass nur ein so schmales Verbindungsstück übrig blieb, um die Zweige eben noch am Leben zu erhalten. Der gehegten Erwartung gemäss entstanden nun Knöllchen in den Blattachseln jener Zweigstücke.

Endlich stellte Knight noch Ringelungsversuche an. Mehrere Stengel wurden dicht über dem Boden eines fünf Linien breiten Rindenringes beraubt. Die Pflanzen blieben einige Zeit gesund und entwickelten während dieser Zeit im Boden Knollen, doch erreichten dieselben ihre natürliche Grösse nicht, theils wegen abnehmender Gesundheit der Pflanzen, theils wegen Stauung der Säfte über der Ringelungsstelle.

Am Schluss des Aufsatzes finden sich dann noch folgende wichtige Bemerkungen unseres Autors: „The tuber therefore appears to differ little from a branch, which has dilated instead of extending itself, except that it becomes capable of retaining life during a longer period; and when I have laboured through a whole summer to counteract the natural habits of the plant, a profusion of blossoms has in many instances sprung from the buds of a tuber.“

„The runners also, which according to the natural habit of the plant, give existence to the tubers beneath the soil, are very similar in organisation to the stem of the plant, and readily emit leaves and become converted into perfect stems in a few days, if the current of ascending sap be diverted into them; and the mode in which the tuber is formed above and beneath the soil, is precisely the same.“

Nach diesem Bericht über Knight's experimentelle Arbeiten ist hier noch einer interessanten Beobachtung desselben Autors zu gedenken, welche ich nach Lindley (Theory of Horticulture. London, 1840. p. 59) citire. Es fand sich, dass in den Achseln der Blumen- und Kelchblätter einer Blüthe Knollen entstanden, welche eine verhältnissmässig beträchtliche Grösse erreichten. Die Figur auf S. 60 zeigt eine Frucht, neben welcher rechts und links je eine Knolle entspringt, welche selbst wieder kleine Achselknöllchen erzeugt haben.

Soviel aus Knight's Angaben*).

---

*) Das oben Mitgetheilte enthält eine genaue Angabe von Knight's werthvollen Beobachtungen. In neuerer Zeit ist versucht worden, ihm den ersten Nachweis der sogenannten Correlationen zuzuschreiben, allein dieser Versuch beruht auf einem Irrthum. Wie schon Vielen vor ihm, so war auch Knight bekannt, dass die ersten Knospenanlagen indifferenter Natur sind, und dass aus ihnen sehr verschiedene Producte hervorgehen können; für die Sprossanlagen und verschiedenen Sprossformen der Kartoffel hat er dies, soweit mir bekannt, zuerst nachgewiesen. Allein darauf kommt es hier nicht an, sondern vielmehr darauf, welche Ursachen es sind, die die Art der Entwickelung bedingen. Wird der Wachsthums-Modus der ursprünglich gleichen Anlagen durch innere Ursachen, d. h. solche, welche im System des Organismus ihren Sitz haben,

Die später ausgeführten Untersuchungen Anderer gehen über das, was Knight geleistet, nicht hinaus und brauchen hier daher nicht näher erörtert zu werden. Es sei nur erwähnt, dass de Candolle*) und de Vries**) an theilweise von der Mutterpflanze getrennten Zweigen Knollenbildung hervorriefen, und dass Dutrochet***) an solchen geringelten Zweigen, bei denen das Verbindungsstück nur aus dem Holzkörper bestand, die Entstehung von Knollen über dem Ringe wahrnahm.

Endlich sei hier noch einer interessanten Angabe Strasburger's†) aus jüngster Zeit gedacht. Kartoffelpflanzen, welche auf Datura-Unterlage geimpft waren, bildeten Achselknöllchen, die etwa Wallnussgrösse erreichten.

Nach dieser litterarischen Uebersicht gelange ich zur Darstellung meiner eigenen Untersuchungen.

Verticibasalität der Sprosse. In unserer gesammten bisherigen Darlegung wurde die Frage nach der Bedeutung innerer Ursachen für den Ort und das Wachsthum der Knollen nicht erörtert, obschon verschiedene der beobachteten Stellungsverhältnisse auf die Existenz solcher Factoren hindeuteten. Es wird unsere nächste Aufgabe sein, diesen Punkt klarzustellen.

Da von vornherein an den polaren Gegensatz zwischen Scheitel und Basis zu denken war, so wurde der Versuch in folgender Weise angestellt.

Kräftige, schon erhärtete Laubsprosse wurden von der Mutterpflanze getrennt, ihrer noch weichen jungen Theile und ihrer Blätter bis auf kurze Stielstücke beraubt, und nun als Stecklinge in mit Erde gefüllte Töpfe gesetzt. Die eine Hälfte erhielt aufrechte Stellung, war also an ihrer Basis von Erde umgeben, bei der andern wurde umgekehrt die morphologische Spitze in das Substrat eingesenkt, während die Basis frei in die Luft ragte. Die Töpfe wurden in's diffuse Tageslicht und, um der sie umgebenden Luft die nöthige Feuchtigkeit zu wahren, unter grosse Glasglocken gestellt.

Das Ergebniss dieses Versuches war der Voraussetzung entsprechend. An allen aufrecht gesetzten Stücken entstanden die Knollen nur aus den basalen, von Erde umgebenen Knospen. Die Knollenbildung begann zuerst, weiterhin aber bildeten sich in den meisten Fällen über der Schnittfläche noch Wurzeln, so dass die Stecklinge nun zu vollständigen Pflanzen wurden. — Von den in verkehrter Stellung befindlichen Objecten erzeugte die Mehrzahl ihre Knollen ebenfalls lediglich an der Basis, also dem jetzt beleuchteten Theile. (Taf. IV, Fig. 2.) Bald war es, wie bei den vorigen, nur die Basalknospe, bald auch die darauf folgende, welche zu Knollen wurden. Bei längerer Dauer des Versuches gingen die in die Erde gesenkten Spitzentheile allmälig zu Grunde. Wurzeln entstanden an diesen Objecten in keinem Falle, weder an der Spitze, noch an der Basis.

bewirkt, dann sprechen wir von Correlation, nicht aber, wenn er von äusseren Agentien, wie Schwere und Licht, abhängt. Den Nachweis solcher inneren Ursachen aber hat Knight nicht nur nicht erbracht, sondern er war sogar von der Annahme derselben weit entfernt. Ueberall suchte er bekanntlich nach direkt wirkenden Factoren, wie Schwere, Licht, Capillar-Attraction u. s. w. — Der wirkliche Beweis, dass der Modus der Ausbildung ursprünglich indifferenter Spross- und Wurzelanlagen durch innere Ursachen bedingt wird, wurde erst durch meine Untersuchungen über Organbildung geliefert, nicht aber von Knight.

*) A. P. de Candolle. Physiologie végétale. II, 668.

**) H. d. Vries. l. c. S. 661.

***) Dutrochet. Mémoires pour servir à l'histoire anatomique et physiologique des Végétaux et des Animaux. Paris 1837. I. p. 379.

†) Strasburger, E. Berichte der Deutschen botan. Gesellschaft. III. Berlin 1885. S. XXXIX.

Von dem eben beschriebenen Verhalten machten einzelne Objecte eine Ausnahme. Es gingen nämlich die stärksten Knöllchen aus denjenigen Knospen hervor, welche am Apicaltheile unmittelbar unter der Erdoberfläche gelegen waren. Ausserdem bildete sich jedesmal aus dem Basalauge ein Knöllchen, aber dieses war erheblich kleiner. (Taf. IV, Fig. 3.)

Ausser den angegebenen Versuchen wurden andere in der Weise angestellt, dass längere Sprossstücke in wasserdampfhaltigen Glascylindern einfach vertical aufrecht und verkehrt aufgehängt, und nun dem diffusen Tageslichte ausgesetzt wurden. Auch jetzt traten an der Basis einzelner Sprosse Knollen auf, allein dieselben erreichten stets nur sehr geringe Grösse. Der Grund lag offenbar in ungenügender Wasserzufuhr, welche eintrat, trotzdem die Objecte häufig mit der Spritzflasche befeuchtet wurden.

Fasst man die Ergebnisse der eben erörterten Versuche zusammen, so folgt, dass die Sprosse der Kartoffel verticibasal sind, so zwar, dass ausser den Wurzeln an der Basis die Knollen, an der Spitze die Laubsprosse erzeugt werden. Diese Thatsache, wenn auch mit Bestimmtheit vorauszusehen, bedurfte jedoch in Rücksicht auf unsere folgende Darstellung einer unzweideutigen experimentellen Feststellung, welche im Obigen gegeben wurde. Zugleich aber lehren unsere Versuche, dass die innere Ursache unter geeigneten Bedingungen durch äussere Factoren theilweise überwunden werden kann. Dass die bei den verkehrt eingesetzten Objecten beobachteten Ausnahmen hauptsächlich auf die Wirkung des Lichtes zurückzuführen sind, folgt schon aus unseren früheren Angaben, wird aber in der Folge noch genauer erhellen.

Um nunmehr den Vorgang der Knollenbildung im Hellen genauer verfolgen zu können, kehren wir zu unseren mit Vortrieben versehenen Knollen zurück. Das Wachsthum derselben giebt ein einfaches Mittel an die Hand, die Erzeugung der Knollen am Tageslicht zu erzwingen. Man braucht nämlich nur, nachdem der Vortrieb sich von der Basis aus bewurzelt und die Pflanze einigen Umfang erreicht hat, den Zusammenhang zwischen Mutterknolle und Vortrieb zu lösen; dann befindet sich die ganze Knollenregion über der Erde, während die Wurzeln in der letzteren ein normales Verzweigungssystem bilden können. Solche Versuche wurden wiederholt und in beträchtlicher Anzahl ausgeführt. Die Ergebnisse, welche dabei gewonnen wurden, beanspruchen das Interesse in mehr als einer Beziehung.

Die Experimente geben ein etwas verschiedenes Resultat, je nachdem man dieselben früher oder später im Frühjahr anstellt. Setzt man die Knollen schon Anfangs oder Mitte März und trennt, nachdem die Hauptaxen einige Höhe erreicht haben, die Vortriebe von der Mutterknolle zu Anfang oder Mitte April, so beobachtet man folgende Erscheinungen. Zunächst bemühen die Pflanzen sich eifrig, von der Basis des Vortriebes aus Stolonen zu entwickeln und in die Erde hinabzusenden. Werden diese und die älteren Ausläufer vorsichtig entfernt, so treten bald pathologische Erscheinungen ein. Es findet eine Verlangsamung im Wachsthum der Hauptaxe und Seitenzweige statt, die bei ersterer nicht selten rasch zum völligen Stillstand führt. Unter meinen Culturen fanden sich Objecte, deren Hauptsprosse nach mehr als viermonatlicher Dauer eine Länge von nur 10 cm. besassen. — Wie die Stengel, so zeigen bald auch die Blätter abnorme Erscheinungen. Unter normalen Verhältnissen dunkelgrün und mit glatter, glänzender Oberfläche versehen, beginnen sie jetzt ihre Ränder umzuschlagen, während ihre Oberfläche rauh wird. Dabei erscheint ihre Farbe matt, besonders an den Blättern der Hauptaxe wird sie allmälig heller und heller, bis sie endlich in Gelb übergeht.

Um zur Hauptaxe zurückzukehren, so hängt ihr Verhalten hauptsächlich davon ab, ob beim Beginn des Versuches an ihrer Basis schon längere Seitensprosse vorhanden waren oder nicht. Waren deren keine oder nur kurze gebildet, so schwillt die Axe nach und nach, besonders in ihrem basalen, über dem Vortriebe gelegenen Theile an; es wächst der ganze Querschnitt, vor allem aber die äusseren Blattspuren und die Orte in und über den Achseln. Es kamen Objecte vor, deren Hauptaxen bei 15 cm. Länge in ihrem basalen Theile eine Dicke von 15—17 mm. hatten, ein Verhältniss, das als ganz abnorm zu bezeichnen ist. (Fig. 7 auf Taf. II, welche ein solches Object ohne die Blätter in $^2/_3$ der natürlichen Grösse darstellt.) Während an den einen Pflanzen die Axen sich nach oben allmälig verjüngen, endigen sie in anderen selteneren Fällen stumpf und gewähren dann einen noch eigenthümlicheren Anblick.

Besass aber die Axe an ihrer Basis einen oder mehrere kräftige Seitenzweige, dann verdickt sie sich zwar auch, jedoch meist nicht so stark, wie im vorigen Falle; nunmehr ziehen jene einen beträchtlichen Theil der Nahrung an sich. Bezüglich der dabei vor sich gehenden, oft höchst auffallenden Gestaltungsverhältnisse sei auf das Folgende verwiesen.

Im Verlauf der weiteren Entwickelung treten nun Knollen auf. Waren alle Stolonen am Vortriebe entfernt und keine stärkeren Seitensprosse vorhanden, so entstehen sie an der Hauptaxe und zwar an dem verdickten basalen Theile derselben als Achselsprosse; gelegentlich bilden sie sich auch in höher stehenden Blattachseln. Besass die Hauptaxe aber kräftige basale Seitenzweige, so gehen die Knollen hauptsächlich aus diesen, weniger aus jenen hervor. (Taf. II, Fig. 7.)

Anders, wenn beim Beginn des Versuches die Stolonen der mittleren Region des Vortriebes nicht entfernt wurden. Dann entstehen die Knollen nur oder doch der Hauptsache nach an diesen. Entweder gehen die Spitzen derselben direct in Knollenbildung über, oder die letztere findet seitlich in den Blattachseln statt. Die Stolonen als solche erfahren dabei meist kein Längenwachsthum.

Beiläufig sei erwähnt, dass am Vortriebe die Knollenbildung auch über den Laubsprossen vor sich gehen kann. An einem Object hatte der Scheitel des Vortriebes keine Laubsprosse erzeugt, wohl aber waren diese aus den früher ruhenden Knospen der Basis hervorgegangen. In diesem Falle entstanden die Knollen an den Stolonen über den Laubsprossen; die Bewegung der plastischen Substanzen fand also von den letzteren aus im Vortrieb aufwärts statt. Zwar bildeten sich auch an der Basis der Laubsprosse Knollen, allein diese waren erheblich kleiner, als die der Stolonen.

Wie oben erwähnt, machen sich die durch die Trennung des Vortriebes von der Mutterknolle hervorgerufenen Störungen im Wachsthum der Laubsprosse rasch geltend. Nichtsdestoweniger gelang es, die Mehrzahl solcher Pflanzen bis gegen Ende Juli am Leben zu erhalten. Um diese Zeit jedoch starben die meisten trotz sorgfältiger Pflege allmälig ab.

Soviel über die Objecte, welche früh gepflanzt wurden.

Abweichend davon ist das Verhalten solcher Pflanzen, welche später, Anfang bis Mitte Mai, bei warmem Wetter gesetzt werden. Ihre Entwickelung ist von Anfang an rascher und kräftiger und dauert auch nach der Operation länger an. Nicht nur die Hauptaxe entwickelt sich stärker, sondern es werden auch zahlreichere und kräftigere Seitensprosse an ihrer Basis und der Spitze des Vortriebes erzeugt. Auch darin zeigt sich der Unterschied, dass die Seitensprosse einen stärkeren negativen Geotropismus besitzen,

als die der frühgesetzten Objecte, welche, auch wenn sie echte Laubsprosse waren, meist horizontale Richtung hatten.

Was die durch die Operation hervorgerufenen Störungen anlangt, so machen sich dieselben auch hier in der oben beschriebenen Weise geltend. Es erlischt das Wachsthum der Laubsprosse bis zum völligen Stillstand. Werden die Stolonen am Vortrieb beim Beginn des Versuchs entfernt, so entstehen die Knollen an den unteren Laubtrieben, und man hat es sonach ganz in seiner Gewalt, bestimmte Sprosse zur Knollenbildung zu veranlassen, eine für den Experimentator wichtige Thatsache.

Das Wachsthum der unteren, die Knollen erzeugenden Laubsprosse bedarf noch einer etwas näheren Erörterung, als sie ihm bisher zu Theil wurde. Sie sind bald annähernd gerade, bald zeigen sie unregelmässige, im ausgesprochensten Falle zickzackförmige Krümmungen. Die letzteren treten besonders dann ein, wenn die Sprosse nach der Operation noch einen längeren Zuwachs erfahren. Dabei bilden sie unregelmässig Verdickungen, die Knoten schwellen an, manchmal auch local oder auf weitere Strecken die Internodien; an den Ansatzstellen der Knollen entstehen häufig kleine Sockel. Das Grün dieser Theile erscheint matt oder weisslich. Die Blätter haben eine meist dunkelgrüne Farbe, aber eine eigenthümliche Gestalt. Sie sind bald einfach, bald derart gefiedert, dass sie neben dem grösseren Endblatt noch ein oder höchstens zwei Paar kleinere Fiederblättchen führen. Bald sind nur die Ränder der Blätter einwärts gebogen, bald erscheint das ganze Blatt mit seinen beiden Hälften zusammengeschlagen. Die Textur desselben ist dabei eine verhältnissmässig spröde.

Endlich haben wir noch der Gestalten der im Licht erzeugten Knollen zu gedenken. Diese sind stets sitzend, und erreichen in der Regel höchstens die Grösse von Taubeneiern. Entstehen sie in den Achseln höher gelegener Blätter, so bleiben sie gewöhnlich einfach, während sie an tiefer gelegenen Orten leicht Seitenknollen bilden. Die letzteren sind ebenfalls sitzend und entspringen bald am Scheitel, bald an der Seite der Mutterknollen. Sind sie der vollen Beleuchtung ausgesetzt, so erzeugen die Knollen an ihrem Scheitel meistens einen Schopf von Laubblättern, die bald eine einfache Lamina, bald neben dem grösseren Endblatt noch kleine Fiederblätter führen (Taf. II, Fig. 5); hin und wieder entstehen auch entfernt vom Scheitel auf der Oberfläche kleine Laubblätter. Streng genommen stellen solche Organe demnach Mittelbildungen zwischen eigentlichen Knollen und Laubsprossen dar. — Ihre Farbe wird unter dem Einfluss des Lichtes intensiv grün; berühren sie dagegen mit einer Seite die Erdoberfläche, wie es, wenn sie tief gelegenen Orten entspringen, nicht selten der Fall ist, so werden sie an dieser bald weiss. Gewöhnlich lässt sich dabei beobachten, dass das Wachsthum an dieser Seite ein bevorzugtes ist, ja es kommt gelegentlich vor, dass die Knolle einen buckelartigen Fortsatz in den Boden sendet.

Auch unter den am Licht erzeugten Luftknollen finden sich zuweilen höchst abnorme Gestalten. Wie in einem früher beschriebenen Falle, so wurde auch hier ein Vorkommen beobachtet, in welchem statt einer einfachen Knolle ein ganzes Knollensystem erzeugt wurde. Unter Bildung kleiner Laubblätter schwoll ein Ausläufer zu beträchtlicher Dicke an; seine Stengelnatur machte sich besonders in den mächtig entwickelten Blattbasen geltend. In den Achseln der Blätter entstanden Seitenknollen von verschiedener Entwickelung. Unter den letzteren fielen die der Spitze nahe stehenden dadurch auf, dass sie an ihrem Scheitel verhältnissmässig lange Stengeltheile erzeugt hatten.

Vergleicht man die oben dargestellten Thatsachen mit den Angaben von Knight, so ergeben sich einige Verschiedenheiten. Trotzdem in unserem Versuch die Pflanzen einer weniger gewaltsamen Behandlung ausgesetzt waren, so trat doch nach der Operation in keinem Falle ein erhöhtes Wachsthum „an increased luxuriance of growth“ ein; vielmehr stellten sich in kurzer Frist auffallende Störungen im Wachsthum ein. Auch Blüthenbildung erfolgte nicht, obwohl unsere Varietät ebenfalls zu denjenigen gehört, welche normal keine oder nur wenige Blüthen erzeugen. Bezüglich der weiteren Angaben sei auf einen späteren Anlass verwiesen.

Die ganze bisherige Betrachtung bezog sich lediglich auf die äussere Erscheinung unserer kranken Objecte. Wir wollen nunmehr sehen, welche innere Vorgänge der äusseren Gestaltung entsprechen.

Das gesammte früher beschriebene Verhalten lässt mit Bestimmtheit schliessen, dass die Verschiebung der Knollenregion in's Tageslicht, d. h. die Verhinderung der Knollenbildung im Dunkeln, im Stoffwechsel der Pflanze erhebliche Störungen verursacht, und dass vielleicht auf diese ein Theil der beobachteten Gestaltungsverhältnisse zurückzuführen sein dürfte. Diese Annahme erweist sich als durchaus zutreffend.

Die mikroskopische Untersuchung ergiebt, dass die in den Blättern erzeugte Stärke, in Folge der Operation am normalen Abfliessen verhindert, im Vortrieb, dem basalen Theile der Hauptaxe und den mittleren und basalen Theilen der Seitensprosse, wenn solche vorhanden, abgelagert wird. Es füllen sich nach und nach das ganze Mark, ferner die Rinde mit Ausnahme der echten Collenchym-Zellen, und endlich die sämmtlichen parenchymatischen Elemente des Holz- und Bastkörpers dicht mit Stärke an. Die einzelnen Körner besitzen im Allgemeinen die der Kartoffel eigene Gestalt, und haben eine dem Umfange der Zellen entsprechende Grösse. Soweit ich feststellen konnte, werden auch die Stärkekörner der innersten Markzellen bei dichtester Füllung von Chlorophyllkörpern und nicht von farblosen Stärkebildnern erzeugt. Die Wirkung des Lichtes erstreckt sich unter allen Umständen auch bis in das Centrum des Markes.

Bei fernerer Dauer des Versuches füllt sich auch der mittlere und weiterhin der obere Theil der Hauptaxe mit Stärke, während der Stammumfang wächst. Es kann kaum einem Zweifel unterliegen, dass das abnorme Dickenwachsthum der Axe einen causalen Zusammenhang mit der Stärkeablagerung hat. In Ermangelung von ausreichender Knollenbildung wird der Stamm zum Stärke-Reservoir gestaltet. Auch die Anschwellung der Knoten und das manchmal zickzackförmige Wachsthum der basalen Seitenzweige dürfte auf die gleiche Ursache zurückzuführen sein, denn Knoten und Internodien sind in diesen Fällen so dicht mit Stärke erfüllt, dass ihre Farbe weisslich erscheint.

Inzwischen hat in der Regel in den Blattachseln die Bildung der Knollen begonnen, allein ihr Wachsthum ist so langsam, dass die durch sie bedingte Stärkeabfuhr der Production keineswegs entspricht, und der Stamm sich daher nicht nur nicht entleert, sondern häufig noch immer mehr anfüllt. Ja, dies kann soweit gehen, dass die Stärkeanhäufung bis in die höchsten Theile des Stengels reicht. Dann endet der letztere, wie früher beschrieben, auffallend stumpf und hat weissliche, den Inhalt verrathende Farbe. In solchen Fällen füllen sich selbst die basalen und mittleren Theile der Blattstiele mit Stärke an und diese, wie die entsprechenden Stengeltheile, sind ungewöhnlich brüchig.

Dass unter diesen Umständen die Abfuhr der Assimilations-Producte aus den Blättern erhebliche Störungen erleiden muss, leuchtet ohne Weiteres ein, und auf ihnen beruhen offenbar die eigenthümlichen pathologischen Veränderungen, welche oben beschrieben wurden.

Um über diese Störungen in der Stoffwanderung näheren Aufschluss zu erlangen, wurden einige Versuche ausgeführt. Bekanntlich hat Sachs*) in neuerer Zeit die Methoden des Stärkenachweises in den Blättern in ebenso einfacher als sinnreicher Weise vervollkommnet. Zu meinem Zweck bediente ich mich des von ihm als „Jodprobe" bezeichneten Verfahrens.

Dass bei der Kartoffel und einer Anzahl anderer Pflanzen die am Tage in den Blättern erzeugte Stärke während der Nacht, wenn in dieser genügend hohe Temperatur herrscht, so weit fortgeleitet wird, dass die Blätter am Morgen bei Sonnenaufgang nahezu oder gänzlich stärkefrei sind, wurde durch Sachs**) festgestellt. Um mit diesem Verhalten gesunder Pflanzen das unserer kranken zu vergleichen, wurde ein solches Object bei sehr warmem Wetter Abends in's Zimmer genommen und unter einen schwarzen Recipienten gestellt. Nachdem es bis 6 Uhr des folgenden Morgens im Dunkeln verweilt hatte, wurden verschiedene seiner Foliola, jüngere und ältere, vermittelst der Jodprobe auf ihren Stärkegehalt untersucht. Es ergab sich, dass die jüngsten der genommenen Foliola, etwa 25 mm. lang und 17 mm. breit, ziemlich gleichmässig mattschwarze Farbe annahmen, also reichlich mit Stärke erfüllt waren. Die Blättchen der darauf folgenden Grösse, deren Länge etwa 33 mm. bei 20 mm. Breite betrug, erschienen in ihren parenchymatischen Theilen marmorirt, stellenweis braunschwarz, stellenweis heller; sie waren hier also local reicher, local ärmer an Stärke. Die stärkeren Nerven dagegen hatten sämmtlich dunkelschwarze Farbe. Die grössten Foliola endlich, gegen 36 mm. lang und 30 mm. breit, waren den vorigen ähnlich, nur etwas ärmer an Stärke. — Am gleichen Morgen früh um 4 Uhr wurden von einer gesunden Pflanze Blätter verschiedener Grösse entnommen und, den Angaben von Sachs entsprechend, ganz oder nahezu frei von Stärke gefunden.

Die eben besprochenen Versuche, welche mit ähnlichem Erfolge wiederholt wurden, lehren, dass in der That, wie vorauszusehen war, die Abfuhr der Stärke aus den Blättern unserer Objecte Störungen unterliegt. Dasselbe ergiebt sich noch aus einem weiteren Versuche. Wie Sachs gezeigt hat, füllen sich unter günstigen Bedingungen die Blätter schon nach 2—3 stündiger Beleuchtung mit Stärke an. Um zu sehen, ob die kranken Objecte auch hierin Abweichungen von gesunden zeigten, nahm ich an einem hellen Tage Morgens zwischen 9 und 10 Uhr Blätter verschiedener Entwickelungs-Stadien von einer kranken und einer gesunden Pflanze, und führte mit beiden die Jodprobe aus. Während die gesunden Blätter sich tief schwarz färbten, zeigten die älteren kranken auch jetzt das eigenthümliche marmorirte Aussehen, die jüngeren dagegen eine gleichmässig schwarze Farbe. — Diese Thatsachen lassen verschiedene Deutungen zu; welche von den letzteren aber auch richtig sein möge, das Eine folgt mit Sicherheit aus dem beobachteten Thatbestand, dass die Assimilations-Thätigkeit der Blätter unserer kranken Pflanzen eine gestörte ist. — Dass aber gerade in dieser Störung die Ursachen des krankhaften Aeussern der Blätter beruhen, ist im hohen Grade wahrscheinlich.

---

*) Sachs, J. Ein Beitrag zur Kenntniss der Ernährungsthätigkeit der Blätter. In: Arbeiten des bot. Instituts in Würzburg, III. S. 2.

**) l. c. S. 7

Auffallend ist, dass Pflanzen, deren Stoffwechsel so tiefgehende Störungen erfährt, nicht rasch zu Grunde gehen. Wie früher erwähnt, fristeten selbst die am frühesten gepflanzten Objecte bis Ende Juli ein freilich kümmerliches Dasein. Nur eine Ausnahme wurde beobachtet, die hier erwähnt werden mag. An einer der später gesetzten Pflanzen starben etwa vierzehn Tage nach ihrer Trennung von der Mutterknolle plötzlich zwei Triebe ab, welche unter dem Scheitel des Vortriebes entsprangen und 11 und 12 cm. Länge hatten. Ihre Blätter, anfangs freudig grün, erhielten später das krankhafte Aussehen, und auch einzelne der Stengelknoten zeigten schwache Anschwellung. — Als die Triebe nach der Einstellung ihrer Functionen untersucht wurden, fand sich, dass sie von unten bis oben reichlich mit Stärke erfüllt, local sogar vollgepfropft waren. Der Stärkegehalt erstreckte sich ferner über das Parenchym der Blattstiele und das parenchymatische Gewebe der stärkeren und theilweise auch der schwächeren Nerven der Lamina. — Da für das plötzliche Absterben dieser Sprosse keine andere Ursache aufzufinden war, so blieb nur die an sich schon wahrscheinliche Annahme übrig, dass die durch die Stauung des Stärkestromes hervorgerufene Störung im Stoffwechsel den Tod der Zweige herbeigeführt habe.

Die sämmtlichen hier mitgetheilten Thatsachen bilden eine Bestätigung der Anschauung A. Meyer's*) über das Verhältniss von Erzeugung und Abfuhr der Assimilationsproducte. „Unsere Vorstellung über den allgemeinen Verlauf chemischer Processe weist uns entschieden auf die Annahme hin, dass die zu grosse Anhäufung löslicher Assimilationsproducte in Zellsaft und Plasma die in den assimilirenden Zellen ablaufenden Processe hindern muss. Halten wir diese bei dem Stande unserer heutigen Anschauung fast unabweisbare Annahme fest, so ergiebt sich daraus, dass eine energisch assimilirende Blattzelle im Allgemeinen um so besser ihre Function erfüllen kann, je mehr sie befähigt ist, entstehende Kohlehydrate entweder auszustossen, oder sie als unlösliche Stärke zu speichern. Da wir aber wissen, dass die Kohlehydrate nur in Form von Glycosen oder Rohrzucker ausgiebig wandern können, so ist es wiederum nöthig, dass in den Blättern stets gewisse Mengen der Zuckerarten erzeugt werden. Es erscheint also von vornherein als das vortheilhafteste Verhältniss, wenn in der Zeiteinheit nur so viel von den Zuckerarten gebildet wird, wie unter normalen Verhältnissen in der Zeiteinheit abgeführt oder verbraucht wird, alles durch den Assimilationsprocess in der Zeiteinheit weiter producirte Kohlehydrat aber in Form von Stärke abgeschieden wird."

Hierzu sei endlich noch bemerkt, dass die Blätter der kranken Pflanzen auch auf ihren Gehalt an Glycose geprüft wurden. Wie nach den Untersuchungen von Dahlen, Sachs und A. Meyer bekannt, sind lösliche Kohlehydrate in grünen Blättern nur in Spuren nachweisbar. Es lag die Annahme nahe, dass die in ihrer Stoffabfuhr gestörten Blätter vielleicht andere Verhältnisse aufwiesen. Die Untersuchung ergab jedoch keine Bestätigung dieser Annahme. Wiederholt vorgenommene Untersuchungen liessen entweder keine reducirenden Kohlehydrate oder höchstens Spuren derselben auffinden. In dieser Beziehung zeigten unsere Objecte also kein von dem normalen abweichendes Verhalten. — Auf andere lösliche Kohlehydrate wurde keine Untersuchung vorgenommen.

Wie früher erwähnt, ist mit dem Auftreten der Luftknollen keineswegs immer eine Abnahme der Stärkemenge im Stengel verbunden, vielmehr kann die letztere noch beständig wachsen. Anders aber

*) Meyer, A. Ueber die Assimilationsproducte der Laubblätter angiospermer Pflanzen. In: Botan. Zeitung 1885. S. 22 des Separat-Abdruckes.

gestaltet sich das Verhältniss, wenn in weiter vorgeschrittener Periode die Blätter keine Stärke mehr erzeugen und die Pflanze dem Absterben entgegengeht. Dann wandert die in den Blattstielen und dem Stengel aufgespeicherte Stärke allmälig in die Luftknollen, die dementsprechend an Umfang zunehmen. Bei Beendigung der Versuche findet man, dass in einzelnen Fällen nahezu alle Stärke aus dem Stengel entfernt ist, während in anderen ein mehr oder minder grosser Rest in dem vertrocknenden Organ zurückbleibt.

Um zu erreichen, dass alle Stärke in die Knollen wandere, genügt es, die kranken Objecte in einen dunkeln Raum zu stellen. Dann beginnen die Knollen ein rasches Wachsthum; die anfangs gebildeten Theile sind hellgrün, die später erzeugten weiss; zuweilen ist der Zuwachs von dem ältern Stück durch eine Einschnürung getrennt und erscheint dann als eigene Bildung. In diese jungen Theile strömt nun die gesammte plastische Substanz des Stengels, so dass dieser beim Schluss des Versuches völlig entleert ist.

Zugleich lehrt dieses Experiment von Neuem in schlagender Weise, dass die tiefgreifenden Störungen, welche in der gesammten Oeconomie unserer Objecte eintreten, lediglich durch den Einfluss des Lichtes bedingt werden. Es wirkt hemmend auf den Process der Stolonen- und Knollenbildung, stört damit die normale Ablagerung der Reservestoffe, und dieser Umstand greift dann wieder in eine Reihe anderer Vorgänge hemmend ein. Fraglich erscheint jedoch, ob lediglich die Störungen im Ernährungs-Chemismus das mangelhafte Gedeihen der Pflanzen verursachen. Es ist zu bedenken, dass von den Substanzen, welche im Stengel abgelagert werden, ein Theil auch zur Bildung von Laubsprossen verwendet worden wäre; und man könnte die Frage aufwerfen, warum nicht gerade in Folge der Unterdrückung des Knollenwachsthums die Laubsprosse eine erhöhte Entwickelung erfahren; dass dies nicht der Fall ist, deutet auf tiefer liegende Ursachen hin. Aller Wahrscheinlichkeit nach kommt bei der ganzen Kette von Vorgängen in erster Linie der Umstand in Betracht, dass durch die Hemmung der Stolonen- und Knollenbildung die Symmetrie im Wachsthum des Organismus gestört wird, und dass hierauf der Stillstand in der Entwickelung der Laubsprosse beruht. Wäre dies richtig, dann würden die Störungen im Stoffwechsel eine Folge jener Symmetrie-Störung darstellen, die dann ihrerseits wieder zu neuen pathologischen Erscheinungen führte.

Erzeugung von Luftknollen an Pflanzen, welche aus Stecklingen gezogen wurden.

Bevor wir unsere stärkekranken Objecte zu weiterer experimenteller Arbeit verwenden, soll noch ein zweites Verfahren beschrieben werden, sich dieselben zu verschaffen.

Dieses Verfahren besteht in einem sehr einfachen Kunstgriff. Man zieht die Pflanzen aus Stecklingen und gestaltet die letzteren von vornherein so, dass sie im Boden keine Knospen führen und daher keine Knollen bilden können. Dies lässt sich in leichter Weise dadurch erreichen, dass man Zweige mit langen Internodien auswählt und die Schnitte, welche die Basis bestimmen, nicht unter, sondern unmittelbar über den Knoten führt. Nur die langen basalen Internodien werden nun in Erde gesteckt. Dicht über der Schnittfläche entstehen die Wurzeln, aber, da das Internodium zur Bildung von Adventiv-Sprossen nicht fähig ist, keine Knollen. Diese müssen daher, wenn überhaupt, dann an den oberirdischen Theilen gebildet werden.

Derartige Versuche wurden in den letzten Jahren wiederholt und mit Zweigen verschiedener Varietäten angestellt. Die Ergebnisse waren der Hauptsache nach zwar gleich, in Einzelheiten dagegen zeigten die verschiedenen Spielarten Abweichungen, von denen hier nur zwei beschrieben werden sollen.

Anfangs Mai 1884 wurden von einer späten weissen, bei Basel häufig cultivirten Varietät, deren Name mir jedoch unbekannt ist, sechs etwa gleich kräftige Stecklinge hergestellt. Drei derselben steckte ich mit den je eine oder zwei Knospen führenden basalen Theilen in Erde, während die anderen in der vorhin angedeuteten Art mit knospenloser Basis eingesetzt wurden. Alle gediehen, verzweigten sich, und wurden nach einiger Zeit in geräumige Töpfe gepflanzt. In der ganzen ersten Periode, bis etwa zur Mitte des Juli, machte sich kein irgendwie in die Augen fallender Unterschied in der Entwickelung der Pflanzen geltend, dann aber trat derselbe ein und wurde im Laufe der Zeit immer sichtbarer. Die Objecte, welche im Boden keine Knospen besassen, blieben im Wachsthum zurück. Die Internodien wurden kurz, während die Knoten in höchst charakteristischer Weise anschwollen (Taf. IV, Fig. 1 u. 5) und dabei gelbliche Farbe annahmen. Die jüngeren Seitenzweige bildeten mit ihren Tragaxen grössere Winkel, wodurch die ganze Verzweigung ein sparriges Aussehen erhielt. Auch die Anfangs dunkelgrünen Blätter zeigten Veränderungen; sie kräuselten sich und nahmen früh gelbliche Farbe an.

Bei der mikroskopischen Untersuchung einzelner Zweigstücke fand sich, dass die Knoten in ihrem gesammten parenchymatischen Gewebe dicht mit Stärke erfüllt waren; auch in den Internodien liess sich die letztere in mehr oder minder reichlicher Menge nachweisen.

Im Laufe des Monats August begann nun die Bildung der Luftknollen. Dieselben traten an dem untersten oder auch noch dem darauffolgenden Knoten der Hauptaxe auf. Die einzelnen Knollen erreichten nur geringe Grösse, verzweigten sich aber, so dass schliesslich gedrungene Knollensysteme entstanden. (Taf. IV, Fig. 6.) Ausserdem bildeten sich noch kleine Knöllchen an höher gelegenen Orten, brachten es aber stets nur zu geringer Entwickelung. Stolonen entstanden in keinem Falle.

Von allen diesen Erscheinungen war an den drei Pflanzen, deren Basalstücke im Boden Knospen besassen, nichts wahrzunehmen. Ihre Sprosse hatten schlanke Gestalt (Taf. IV, Fig. 4.), die Knoten waren von normaler Ausbildung, die Blätter glatt und bis zum Schluss der Vegetation von frischer, grüner Farbe.

Als bei Beendigung des Versuches die Objecte gemessen wurden, ergab sich für die drei stärkekranken Pflanzen eine Höhe von 30—33 cm., während die gesunden 60, 50 und 45 cm. massen.

An den gesunden Objecten waren im Boden, und zwar in allen drei Fällen, an den basalen Knoten, eine oder zwei stattliche Knollen von normaler Beschaffenheit, dagegen auch hier keine Stolonen erzeugt worden. Die Knollen sassen dem Knoten dicht an. Die Callusbildung an der Schnittfläche dieser Objecte war sehr gering.

Anders die drei Objecte, welchen die Knollenbildung im Boden versagt war. Sie hatten an ihren Schnittflächen grosse wulstige Callusmassen hervorgebracht, an denen aber nirgends eine Adventiv-Knospe zu finden war. (Taf. II, Fig. 8 u. 9 und Taf. III, Fig. 3 u. 4.) Meine Erwartung, diese Callus mit Stärke gefüllt zu finden, wurde durch die Untersuchung nur theilweise bestätigt; es war Stärke vorhanden, jedoch nur in mässiger Menge.

Um für die Störung, welche im Stoffwechsel der stärkekranken Objecte stattgefunden hatte, einen ungefähren Maassstab zu erhalten, wurde schliesslich noch das Gewicht der Knollen einer gesunden und

einer kranken Pflanze bestimmt. Es betrug das Gewicht der Knolle, welche die mittlere der drei gesunden Pflanzen erzeugt hatte, nach sorgfältiger Reinigung 50 Gramm, während das gesammte Knollensystem der stärksten von den kranken Objecten im frischen Zustande nur 12 Gramm, also $4^1/_6$ mal weniger, wog. Diese Zahlen geben einen Begriff von der Grösse der Störung in der Oeconomie der kranken Pflanzen. Dem sei noch hinzugefügt, dass, während in den absterbenden Stengeltheilen der normalen Pflanzen keine Spur von Reservestoffen mehr aufzufinden war, sich in den vertrocknenden Blatttheilen und Internodien, besonders aber den Knoten der kranken Objecte in wechselnder Menge Stärke vorfand. Auch in den Nerven und selbst im Parenchym der Blätter wurde noch Stärke in Körnergestalt nachgewiesen.

Soviel über die Stecklinge der einen Varietät.

Die zweite Form, mit deren Zweigen die gleichen Versuche angestellt wurden, war unsere oft genannte Sechswochen-Kartoffel. Der wichtigste Unterschied, welcher sich bei ihr im Vergleich zur vorigen geltend macht, ist die Neigung zu rascher Knollenbildung und bei Hemmung der letzteren die entsprechend schnell eintretende Störung im Wachsthum. In Uebereinstimmung hiermit fand sich, dass die sämmtlichen Stecklinge, welche im Boden keine Knollen bilden konnten, das Wachsthum ihrer Laubaxen sehr rasch einstellten; auch erhielten die Blätter an einzelnen derselben früh gelbliche Farbe. Dagegen entwickelten einzelne Objecte die früher für die Varietät beschriebenen eigenthümlichen horizontalen Triebe mit den zickzackförmig gestalteten Internodien und den unregelmässig angeschwollenen Gliedern. Diese Bildungen erreichten hier eine besonders charakteristische Gestalt, da sie ihrer ganzen Länge nach während der Dauer der Störung entstanden. Hier verrieth sich ihre Natur deutlich: sie stellten seltsame Mittelbildungen zwischen Laubsprossen und Stolonen dar. Mit diesen theilten sie die Wachsthumsrichtung, und wie diese nahmen sie hauptsächlich den Stärkestrom auf. — An ihnen und theilweise auch an höher gelegenen Orten entstanden nun die Knollen, und zwar bei der hohen Fertilität der Varietät manchmal in beträchtlicher Zahl. Eine derartige kleine, mit Luftknöllchen bedeckte Pflanze gewährte einen überraschenden Anblick. (Vergl. Fig. 1 auf Taf. III.) Trotz aller Störungen im Stoffwechsel erreichten diese Objecte bei vorsichtiger Pflege ein Alter von mehr als vier Monaten.

Die übrigen Verhältnisse waren derartig, dass unter Hinweis auf früher Gesagtes die nähere Besprechung unterlassen werden darf.

Das Verhalten der übrigen zu unserm Versuch benutzten Varietäten glich ganz oder annähernd bald der einen, bald der andern von den beschriebenen Formen. Späte Varietäten verhielten sich der ersteren, frühe der letzteren ähnlich. Eine nähere Erörterung der einzelnen Versuche erscheint jedoch nicht nothwendig.

Nur die Bemerkung mag hier noch Platz finden, dass Knight zu seinen, auf die oben angegebene Art ausgeführten Versuchen offenbar eine späte Varietät benutzt hat. Augenscheinlich traten bei ihr die inneren Störungen erst einige Zeit nach der Einleitung des Experimentes ein. Auch das übrige Verhalten seines Objectes zeigte seiner Darstellung nach grosse Aehnlichkeit mit dem der ersten unserer vorhin beschriebenen Varietäten.

Blattstecklinge. Nach Besprechung der Stengelstecklinge dürfte eine kurze Erwähnung des Verhaltens von Blättern, welche als Stecklinge benutzt wurden, nicht überflüssig sein.

Versuche mit Blattstecklingen sind schon von Knight*) angestellt worden. Die von ihm gesteckten Blätter hielten sich unter geeigneten Bedingungen bis in den Herbst frisch, ohne jedoch Wurzeln zu erzeugen. Die Erwartung Knight's, dass sie Knollen bilden würden, ging nicht in Erfüllung, wohl aber brachten sie an der Basis kräftige Callus hervor, welche bestanden „of matter apparently similar to that which composes the tuberous roots of the plant."

Meine eigenen Versuche hatten der Hauptsache nach den gleichen Erfolg wie die von Knight ausgeführten. Von den Pflanzen verschiedener Varietäten wurden Blätter getrennt und als Stecklinge unter Bedingungen gehalten, die jedem mit der gärtnerischen Praxis einigermaassen Vertrauten bekannt sind. Während einige der Objecte zur Bewurzelung nicht zu veranlassen waren, erzeugten andere reiche, ihre ganzen Töpfe durchziehende Wurzelgeflechte. Die so ausgerüsteten Blätter hielten sich bis tief in den Winter hinein. Die Textur ihres Gewebes wurde auffallend fest und ihre Farbe ungewöhnlich dunkel. Die eigenthümlichste Erscheinung an ihnen boten jedoch die Ansatzstellen der Fiedern an der Mittelrippe dar. Es entstanden auf der Oberseite der kurzen Stielchen in deren Rinnen kleine Hügel von weisslicher Farbe (Taf. IV, Fig. 7 und Taf. V, Fig. 10), Bildungen, welche an Blättern unter normalen Verhältnissen niemals beobachtet wurden. Die nähere Untersuchung dieser Hügel lehrte, dass sie lediglich aus parenchymatischem Gewebe bestanden, welches aus den unter dem Hautgewebe gelegenen Zellenschichten hervorgegangen war. Zu der schon etwas vorgerückten Zeit, als die mikroskopische Untersuchung vorgenommen wurde, fand sich in den Zellen der Hügel Stärke nur in mässiger Menge. Auf Grund ihrer weisslichen Farbe war jedoch wahrscheinlich, dass sie in früherer Periode dicht mit derselben erfüllt waren, ja dass sie als eigentliche Stärke-Reservoire angelegt wurden.

Als beim Absterben der oberirdischen Theile die Blätter aus den Töpfen genommen wurden, ergab sich, dass sie ausser dem vielverzweigten Wurzelgeflechte an der basalen Schnittfläche Callus-Wülste erzeugt hatten, deren Umfang jedoch kein beträchtlicher war. (Taf. III, Fig. 2, in welcher die Wurzeln nur angedeutet wurden.) Die Zellen des Callus führten Stärke, aber nicht in der erwarteten Menge, und ebenso liess sich in dem vertrocknenden Blattgewebe ein nur geringer Stärkegehalt nachweisen.

Etwas abweichend gestaltet waren diejenigen Blätter, welche keine Wurzeln erzeugt hatten. Ihr Callus war meist beträchtlich stärker entwickelt, als der der bewurzelten Objecte; doch entsprach auch der in diesen grösseren Wülsten gefundene Stärkegehalt nicht dem erwarteten.

Das ganze Verhalten der bewurzelten Blätter lehrt, dass die in ihnen erzeugten plastischen Substanzen in erster Linie zur Bildung der Wurzeln dienen, der Ueberschuss dagegen theils an den oben erwähnten besonderen, theils an beliebigen Orten abgelagert wird. Da aber die Menge der beobachteten Reservestoffe keineswegs derjenigen entspricht, welche man nach Analogie sonstiger Erfahrungen voraussetzen dürfte, so muss einstweilen dahingestellt bleiben, wie der Stoffwechsel in den Blattstecklingen sich gestaltet.

*) Knight, T. A. On the action of detached leaves of plants. Transact. of the Royal Soc. June 1816. — Selection of K.'s Papers p. 169.

Noch einmal der Einfluss des Lichtes.

Welche Bedeutung dem Licht für die Knollenbildung zukommt, ist zwar oben schon in ausreichender Weise dargethan worden. Wenn wir auf diesen Gegenstand noch einmal zurückkommen, so geschieht dies darum, weil die stärkekranken Pflanzen, deren Herstellung inzwischen gezeigt wurde, wahrhaft mustergültige Objecte für die Lösung der bezüglichen und verwandter Fragen darstellen.

Als ich meine Untersuchungen vor mehreren Jahren begann, ging ich von der Vorstellung aus, es sei die Knollenbildung an den oberirdischen Theilen der Pflanze verhältnissmässig leicht hervorzurufen, und stellte unter dieser Voraussetzung eine Reihe von Versuchen an. An kräftigen, mit mehreren Laubaxen versehenen, in grossen Töpfen gezogenen Pflanzen wurden die Sprosse in verschiedener Höhe über der Erde mit etwa 12 cm. hohen Töpfen umgeben, die in geeigneter Art an Stativen befestigt waren. Die Töpfe wurden, um die Wirkung des Contactes mit verschiedenen Körpern zu prüfen, theils mit feuchter Erde, theils mit getrocknetem Sande, theils mit trockenem Torfmoos gefüllt, daneben wurden andere Triebe einfach durch schwarze Recipienten geleitet. Mit Ausnahme eines einzigen trat in keinem dieser Versuche die erwartete Knollen- und ebensowenig Stolonen- und Wurzelbildung ein. Die Ausnahme bestand darin, dass im Bereich des einen mit feuchter Erde gefüllten, 30 cm. über dem Boden befindlichen Topfes ein 14 cm. langer Ausläufer und neben demselben drei vielverzweigte Wurzeln gebildet waren. Der Ausläufer besass zwei kurze seitliche Sprossungen, von denen die eine an ihrem Scheitel sich zu einem kleinen Knöllchen von 8 mm. Durchm. verdickt hatte. Im Bereich des unteren grossen Topfes dagegen waren an den normalen Orten reichlich Knollen entstanden.

Anders gestaltete sich die Sache, als es gelungen war, die stärkekranken Pflanzen in leichter und sicherer Art herzustellen; sie erst machten es möglich, den Versuchen eine schlagende Gestalt zu geben und damit eine weitere Fragestellung zu eröffnen.

Die Orte, an welchen die Knollen entstehen, wenn die Objecte völlig dem Tageslichte ausgesetzt sind, wurden oben angegeben. Es entstand nun zunächst die Frage, ob es möglich sei, durch locale Verdunkelung den Ort der Knollenbildung zu verändern. Um diese Frage zu beantworten, wurde eine kranke Pflanze gewählt, welche ausser der Hauptaxe zwei über den Topfrand hinausragende horizontale Seitensprosse besass, und an der eben die ersten Luftknollen entstanden waren. Das apicale Ende des einen Seitentriebes wurde nun in einen kleinen, schwarzen, zweckentsprechend hergestellten Recipienten geleitet, welcher bei 15 cm. Höhe eine Breite von 11 cm. besass. Derselbe war aus Pappe*) gefertigt, innen und aussen mit mattschwarzem Papier überzogen, und bestand aus zwei mit den Rändern übereinander schiebbaren Hälften. Um den Verschluss möglichst dicht zu machen, war der eine Rand aus zwei Leisten hergestellt, zwischen welche der einfache andere eingeschoben wurde. Während die Pflanze am Tage dem directen Sonnenlicht ausgesetzt war, wurde der Recipient mit einer mehrfachen Lage weisser Leinwand bedeckt, und in ähnlicher Weise auch der Topf vor zu hoher Erwärmung geschützt.

Bei der Einleitung des Versuches wurden am verdunkelten Theile des Zweiges die Blätter belassen, später dagegen, als sie gelb wurden, entfernt.

Schon nach Verlauf einer Woche wurden in den Blattachseln des verdunkelten Zweigtheiles kleine weisse Knöllchen sichtbar, die sich rasch vergrösserten und normale Knollengestalt erhielten. In sie

*) In anderen Fällen wurden ähnlich gestaltete Zink-Recipienten angewandt.

wanderte fortan die gesammte, in den Laubtheilen erzeugte Stärke, während die vorhandenen Luftknollen ihr Wachsthum rasch einstellten.

Fig. 3.

Sobald der günstige Verlauf dieses Versuches festgestellt war, wurde gleich noch ein weiteres Experiment eingeleitet. In dem eben beschriebenen Falle fand die Bewegung der Assimilations-Producte in natürlicher Richtung, von oben nach unten, statt; jetzt wurde versucht, den Strom umzukehren. Es wurde die Spitze der Hauptaxe selbst in einen Recipienten geleitet, die übrigen Theile der Pflanze aber der vollen Beleuchtung ausgesetzt (Fig. 3). Auch an diesem Object hatte die Knollenbildung an den basalen Theilen schon begonnen.

Zu meiner Ueberraschung entstanden auch bei dieser Anordnung des Versuches an dem verdunkelten Stengeltheile Knollen, und zwar gingen die grössten aus der tiefstgelegenen, eine kleinere aus der nächsthöheren Knospe hervor. Auch jetzt blieben die vorhandenen kleinen, dem Licht ausgesetzten Knollen bald im Wachsthum stehen, während die im Dunkel gebildeten sich rasch vergrösserten, und nach und nach alle Nahrung an sich rafften. Nach etwa vierwöchentlicher Dauer des Versuches hatten die letzteren ein Gewicht von über 20 Gramm erreicht.

In diesem Versuch gelang es also, die natürlichen Verhältnisse umzukehren und den Strom der Assimilate in der der normalen entgegengesetzten Richtung, von unten nach oben, zu leiten. Damit war das hier gesteckte Ziel erreicht.

Die Wiederholung des Experimentes lieferte das gleiche Ergebniss; über dieses wie über andere ähnliche Versuche braucht nach dem Mitgetheilten nicht näher berichtet zu werden.

Wie wirkt das Licht auf die Knollenbildung?

Unsere zuletzt ausgeführten Versuche drängen mit Nothwendigkeit zu der Frage nach der Natur der Lichtwirkung auf die hier behandelten Processe.

Die nähere Erwägung lässt auf verschiedene Möglichkeiten schliessen, von denen hier nur drei hervorgehoben werden sollen. Erstens: Es kann das Licht lediglich auf die Anlagen und das Wachsthum des Organes hemmend wirken, während es für die Ablagerung der Stärke gleichgültig ist, ob sie im Hellen oder Dunkeln stattfindet. Zweitens: Es kann sich umgekehrt der hemmende Einfluss des Lichtes

ausschliesslich auf die Ablagerung der Stärke erstrecken, das Wachsthum der Knollen dagegen nicht berühren. Endlich Drittens: Es kann das Licht auf die beiden Processe hemmend einwirken, sei es in gleichem, sei es in ungleichem Grade.

A priori spricht Vieles für die erste Annahme, vor Allem der Umstand, dass das Licht auf die Anlage von Wurzeln einen hemmenden Einfluss ausübt. Erwägt man aber, dass bei der Kartoffelpflanze zwischen Chlorophyllkörpern und Stärkebildnern eine strenge Arbeitstheilung stattfindet, dass die Thätigkeit der ersteren an das Licht, die der letzteren lediglich an das Dunkel gebunden ist, so wird, wenn auch nicht die zweite, so doch die dritte der oben gemachten Annahmen nahe gelegt. Der Umstand, dass im Stengel unserer kranken Pflanzen vor der Knollenbildung eine reiche Stärkeablagerung stattfindet, liesse sich zwar gegen dieselbe anführen; allein es ist zu bedenken, dass wir über die inneren Vorgänge bei jener pathologischen Stärkebildung völlig im Unklaren sind. Möglicher Weise geht die letztere nur mit Ueberwindung grosser Schwierigkeiten vor sich.

Die bis jetzt vorliegenden Untersuchungen über die Functionen der Stärke als Reservestoff ablagernden Chlorophyllkörper geben bezüglich der berührten Frage keinen genügenden Aufschluss. Dehnecke*) nimmt an, es gehe diesen Bildungen die Fähigkeit zu assimiliren ab, eine Ansicht, die auch von Sachs**) getheilt wird. Die Stützen, welche für diese Annahmen beigebracht sind, erscheinen mir jedoch nicht stichhaltig, und nach den sämmtlichen vorliegenden Thatsachen glaube ich die Ansicht Schimper's***), nach der die fraglichen Körper im Licht auch assimiliren, für die richtige halten zu müssen. Jeder Plasmakörper, der das grüne Pigment erzeugt, wird auch assimiliren können. — Gehen wir aber von dieser Vorstellung aus, dann ergiebt sich für unsere Bildungen eine zweifache Thätigkeit: sie werden am Tage vorwiegend assimiliren, Nachts dagegen die ihnen von aussen zugeführte Glycose zu Stärke condensiren. Am Tage wird vorwiegend Kohlensäure aufgenommen, Nachts dagegen nur ausgeschieden werden.

Ein derartiger Wechsel zwischen täglicher und nächtlicher Arbeit der grünen Stärkebildner dürfte bei einer Pflanze, welche nur mässige Stärkemengen aufspeichert, durchaus zweckentsprechend sein. Anders aber, wenn die Pflanze in ihren Blättern grosse Stärkemassen erzeugt: dann sind fortdauernd thätige Condensations-Apparate erforderlich, und diese werden nun im Dunkel des Bodens erzeugt, so bei unseren Knollengewächsen, so bei der Kartoffel. Werden an ihnen durch gewaltsamen Eingriff die Knollen dem Licht ausgesetzt, dann tritt eine Störung ein. Die jetzt von den ergrünenden Leukoplasten ausgeführte Assimilations-Arbeit kommt von ihrer eigentlichen Leistung, der Condensations-Arbeit, in Abzug, und diese theilweise Aufhebung der Arbeitstheilung macht sich als eine Störung im Haushalt der Pflanze geltend.

Mit diesen Andeutungen, die sich leicht weiter fortspinnen liessen, wollen wir uns hier begnügen.

Die eben angestellten Erwägungen weisen nun auf die Form hin, welche dem Experiment für die Entscheidung der oben aufgeworfenen Fragen zu geben war. Bestand die hemmende Wirkung des

---

*) Dehnecke, C. Ueber nicht assimilirende Chlorophyllkörper. Barmen. Inaug.-Dissert. 1880. S. 7 ff.

**) Sachs, J. Vorlesungen über Pflanzen-Physiologie. Leipzig 1882. S. 380.

***) Schimper, A. F. W. Ueber die Entwicklung der Chlorophyllkörner und Farbkörper. Botanische Zeitung. 1883. S. 124.

Lichtes auf das Wachsthum der Knollen theilweise darin, dass es Assimilation in ihnen hervorrief, die besser nicht stattfinden sollte, dann musste dieser Einfluss aufgehoben werden, wenn man die knollenbildenden Organe zwar dem Lichte aussetzte, sie aber an der Aufnahme von Kohlensäure verhinderte. Zu einem derartigen Versuch bieten unsere kranken Pflanzen die geeigneten Objecte, da sich an ihnen die Knollenbildung an genau zu bestimmenden Orten hervorrufen lässt.

Die Ausführung des Versuches geschah in der durch Figur 4 veranschaulichten Weise. Es wurde eine kräftige Pflanze mit einer Sprossvertheilung gewählt, die etwa der in Fig. 1 S. 13 dargestellten glich, und bei welcher die Trennung von der Mutterknolle zwölf Tage vorher stattgefunden hatte. Durch Entfernung aller tiefer stehenden wurde ein 27 cm. langer Laubspross zur Knollenbildung bestimmt, seiner Blätter bis auf kurze basale Stücke der Stiele beraubt, und dann durch den Hals einer an einem Stativ

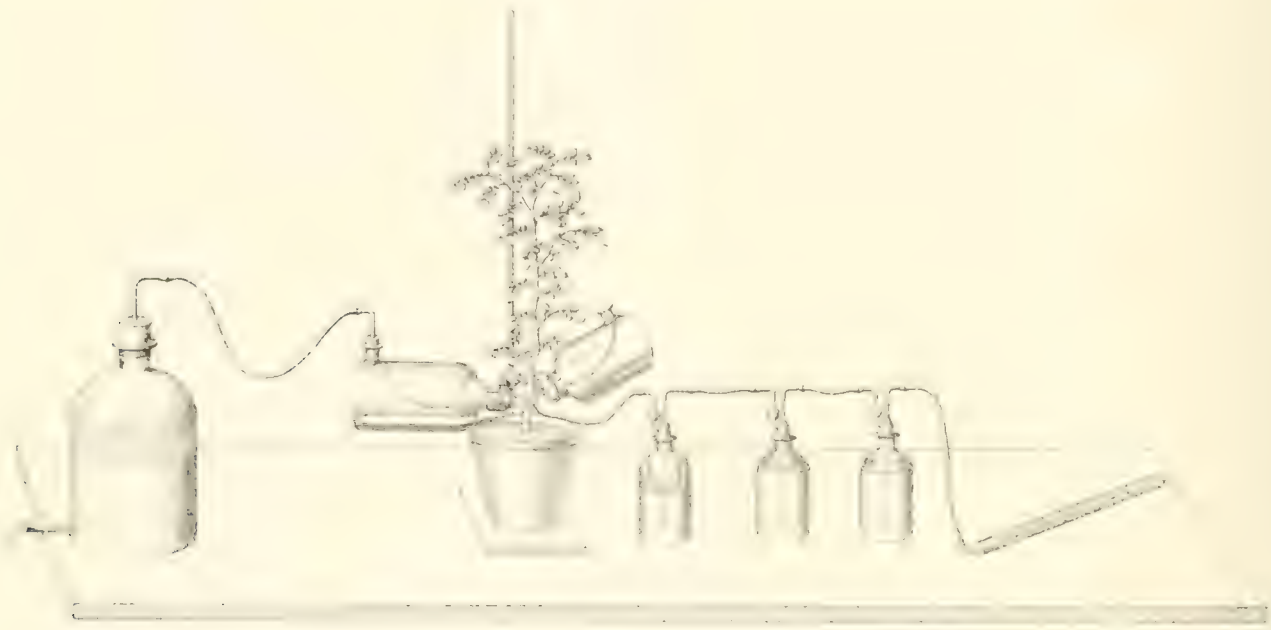


Fig. 4.

in horizontaler Lage befestigten tubulirten 2-Literflasche geleitet. Um den Zweig wurde ein halbirter und mit einem der Zweigdicke entsprechenden Ausschnitt versehener Kork geschoben und beide mit Paraffin in den Hals der Flasche luftdicht eingeschmolzen. Eine zweite Durchbohrung des Korkes war für das Glasrohr bestimmt, welches der Flasche die Luft zuführen sollte, während der am andern Ende der Flasche befindliche, nach oben gerichtete Tubulus in geeigneter Art mit einem Liebig'schen Aspirator in Verbindung gebracht war. Um die dem Zweige zugeleitete Luft ihrer Kohlensäure möglichst zu berauben, wurde sie zunächst durch ein weites Glasrohr geführt, welches mit von Kalilösung

durchtränkten Bimssteinstücken gefüllt war. Aus diesem Rohre trat die Luft nach einander in zwei mit concentrirter Kalilösung versehene Waschflaschen und aus diesen in eine dritte der Controle halber mit klarer Barytlösung gefüllte Flasche, um nun erst zu dem Versuchszweige zu gelangen. Damit endlich auch die von dem letzteren bei der Athmung abgegebene Kohlensäure möglichst vollständig absorbirt würde, wurde der Boden der Flasche mit einer Schicht concentrirter Kalilauge versehen.

Als Control-Object wurde der nächste 12 mm. höher entspringende, etwa 20 cm. lange Zweig gewählt, ebenfalls seiner Blätter beraubt und nun in eine gleiche Flasche geleitet, deren Hals und Tubulus aber offen blieben.

Die ganze Vorrichtung stand auf einem festen Tragbrett, mit welchem sie täglich in's Freie gebracht wurde. Fiel das directe Sonnenlicht ein, so wurden selbstverständlich die sämmtlichen Gefässe und ebenso der Topf durch übergehängte Tücher vor Erhitzung geschützt.

So die Anordnung des Versuches. Es ist klar, dass derselbe den an ihn gestellten Anforderungen nicht vollständig entspricht. Der zum Experiment benutzte Spross athmet, und die dabei erzeugte Kohlensäure wird nur theilweise ausgeschieden und fortgerissen oder absorbirt werden. Ein Rest bleibt im Gewebe und kann und wird assimilirt werden. Doch leuchtet ohne Weiteres ein, dass dieser Umstand das Ergebniss des Versuches nicht wesentlich trüben kann.

Noch eine weitere Fehlerquelle ist mit dem Versuch verbunden. Ausser der Kohlensäure wird der Luft, welche den Zweig umgiebt, auch aller Wasserdampf entzogen und wir wissen aus früheren Versuchen, dass dieser Umstand auf das Wachsthum der Knollen hemmend wirkt. Allein auch er kann die Reinheit des Resultates unseres Experimentes nur theilweise beeinträchtigen.

Bald nach Einleitung dieses ersten wurde der Versuch mit einem kleinen Unterschiede noch einmal angestellt. Der letztere betraf lediglich die Anordnung der Versuchszweige und bestand darin, dass der unterste der Sprosse zum Control-Object bestimmt und erst der nächsthöhere von der kohlensäurefreien Atmosphäre umgeben wurde. Der dritte auf die vorigen folgende Trieb wurde an dieser Pflanze ebenfalls zur Controle benutzt, indem ihm seine sämmtlichen Blätter genommen und er an seiner Basis auf kurzer Strecke von einer Paraffinschicht überzogen, übrigens aber der freien Luft ausgesetzt wurde. So unwahrscheinlich es auch war, dass die entsprechende Behandlung der Versuchszweige einen Einfluss auf die Knollenbildung derselben hatte, schien es doch nicht überflüssig, diesen Control-Versuch auszuführen.

Die Dauer jedes Versuches betrug fünf Wochen, von Mitte Juni bis gegen Ende Juli. Während dieser Zeit waren die Aspiratoren täglich Morgens und Abends mehrere Stunden, oft auch den ganzen Tag thätig, so dass für ausreichenden Luftwechsel gesorgt war. Ebenso wurde die Luft in den Flaschen der Control-Versuche regelmässig erneuert. An den Pflanzen traten in Folge der Operationen die bekannten Störungen ein; von diesen abgesehen hielten sie sich jedoch bis zum Schluss der Versuche verhältnissmässig frisch.

Aus dem gesammten Verhalten der Versuchspflanzen ging hervor, dass das Licht in erster Linie auf die Bildung und das Wachsthum der Knollen einwirkt, dass es die Theilung und das Wachsthum seiner Elemente hemmt. Ob es daneben auch die Stärkeablagerung hindernd beeinflusst, wurde wahrscheinlich gemacht, aber nicht erwiesen.

Aus dem Verhalten der einzelnen Zweige sollen hier nur einige Punkte hervorgehoben werden. Die erste Erscheinung, durch welche die in den kohlensäurefreien Flaschen befindlichen Zweige auffielen, bestand darin, dass die kurzen Basalstücke der Stiele durch Korkschichten von dem Gewebe des Stengels geschieden wurden und vertrockneten. An den Control-Zweigen wurden diese Stücke dagegen nicht oder erst sehr spät abgeworfen. Sodann erfolgte an jenen Zweigen rasch eine auffallende Anschwellung der Knoten, die an den Control-Objecten später und in schwächerem Grade eintrat. Ich glaube diese Erscheinung nach Analogie der sonstigen Erfahrungen mit einer schnellen und reichlichen Stärkeablagerung in Zusammenhang bringen zu müssen, habe aber, da ich die Versuche nicht unterbrechen mochte, keinen Beweis für die Richtigkeit dieser Annahme. Im weiteren Verlaufe der Versuche traten an beiden Zweigen Stolonen auf, und zwar am einen in seinem basalen und mittleren, am anderen in dessen mittleren und apicalen Theile. Diese Stolonen blieben meist kurz, erreichten jedoch in einzelnen Fällen 1—2 und in einem Falle sogar 5 cm. Länge. Sie hatten grüne Farbe, höchst geringe Blattbildung und richteten sich abwärts. Später schwollen diese Sprosse in ihrem basalen Theile zu kleinen grünen Knollen an.

Von den beiden Control-Zweigen in den Flaschen mit gewöhnlicher Luft zeigte der eine anfangs auch nur geringe Entwickelung. An seinem basalen Theile entstanden kurze Stolonen, welche von den der vorigen darin abwichen, dass sie an ihrem Scheitel grössere Laubblätter bildeten. Später gingen auch diese Stolonen an ihren Basen in Knollenbildung über, während die Knospen der Mitte und der Spitze des Zweiges kurze, reich mit kleinen Laubblättern besetzte Sprosse erzeugten, deren Axen gegen Ende des Versuches sich ebenfalls knollig verdickten. — Etwas abweichend verhielt sich der andere Zweig. Seine sämmtlichen Knospen zeichneten sich gleich zu Anfang durch eine reiche Bildung von kleinen dunkelgrünen Laubblättern aus, ihre Axen dagegen blieben kurz und schwollen erst später zu kleinen Knollen an. Nur ganz unten an seiner Basis entstand ein kleiner Ausläufer, der sich wie die vorhin beschriebenen verhielt.

Der dritte oben erwähnte Control-Zweig zeigte keine nennenswerthen Abweichungen von den beiden anderen.

Am Schluss der Versuche ergab der Vergleich, dass die Knollenbildung an allen Zweigen ungefähr gleich war. Ein Unterschied aber fand sich in Bezug auf Stolonen- und Laubblatterzeugung; die erstere überwog in der kohlensäurefreien Atmosphäre, während die letztere darin fast gänzlich unterblieben war. — Die mikroskopische Untersuchung lehrte, dass alle Zweige trotz der Knollenbildung reichlich Stärke führten; besonders reich daran waren die basalen, etwas minder die mittleren und arm oder selbst stärkefrei die apicalen Theile. Eine Ausnahme bildete nur der eine Zweig in der kohlensäurefreien Luft, derselbe, welcher die Knollen und Stolonen auch in seinem apicalen Theile führte; dieser war auch im letzteren reich an Stärke. Hier wie sonst waren die Knoten stets besonders bevorzugt.

Soweit der Verlauf dieser Versuche, welcher zu den oben angegebenen Schlüssen führte. Ein bestimmter Beweis dafür, dass das Licht auf den Process der Stärkeablagerung in dem früher entwickelten Sinne hemmend einwirkt, konnte nicht erbracht werden. Doch sprechen die gesammten Verhältnisse mehr für, als gegen diese Annahme.

Ob die Thatsache, dass in der kohlensäurefreien Luft das Wachsthum der Laubblätter unterbleibt, auf den Mangel an Kohlensäure oder auf zu starke Verdunstung zurückzuführen ist, bleibt einstweilen dahingestellt. Ebenso die wichtige Frage, ob die Knospen der Zweige unserer Pflanzen durch Entfernung der Kohlensäure zur Bildung von Stolonen veranlasst werden, wie es nach unseren Beobachtungen der Fall sein könnte. Es wäre wohl denkbar, dass dieselben Bedingungen, welche die Bildung von Laubsprossen hemmen, die der Stolonen befördern. Weitere Versuche zur Entscheidung dieser Fragen behalte ich mir vor.

Nachdem durch unsere Versuche der Nachweis geliefert worden, dass die hemmende Wirkung des Lichtes sich hauptsächlich auf den Wachsthumsprozess der Knollen erstreckt, entsteht die weitere Frage nach dem Wie? dieser Wirkung. Hier aber lässt uns die Untersuchung einstweilen im Stich. Der hemmende Einfluss des Lichtes auf die Knollenbildung gehört in eine Kategorie mit der gleichen Wirkung auf die Anlage von Wurzeln und eine ganze Reihe anderer bekannter Erscheinungen. Bei allen diesen sind wahrscheinlich die inneren Vorgänge, welche das Licht auslöst, im Wesentlichen die gleichen, und die Forschung nach diesen tieferen Beziehungen wird jene ganze Klasse von Thatsachen in's Auge zu fassen haben.

Hier nur noch eine beiläufige Bemerkung. Die hemmende Wirkung des Lichtes auf das Wachsthum der Knolle äussert sich hauptsächlich auf die Theilungen in der Cambiumschicht. Die letztere ist bei unserer Sechswochen-Kartoffel in einer gewöhnlichen Knolle mittlerer Grösse 5—6 mm. unter der Peripherie gelegen. Eine mit den nöthigen Vorsichtsmassregeln angestellte diaphanoskopische Untersuchung lehrte nun, dass eine 6 mm. dicke Schicht des äusseren Gewebes der Knolle, die Korkschicht inbegriffen, noch reichlich Licht von gelblich grüner Farbe durchlässt. Durch eine Schicht von 13 mm. Dicke drang noch ein mattes Licht von gleicher Farbe; eine Schicht von 17 mm. gab nur noch einen schwachen Schimmer und bei einer 20 mm. dicken Schicht war, auch wenn dieselbe keinen Kork führte, kein durchgehendes Licht mehr zu gewahren. Nach Sachs*) soll dagegen eine Knolle von 3,7 cm. Durchmesser sammt doppelter Schale noch roth durchscheinen.

Die eben angeführten Thatsachen lassen den Einfluss des Lichtes auf das Wachsthum auch des tiefer gelegenen Knollengewebes begreifen. An den kleinen Luftknollen werden sich die Verhältnisse noch ungünstiger gestalten. Denn wenn bei ihnen auch die Absorbtion in den äusseren Lagen eine grössere ist, so hat dafür die Rindenschicht eine um so geringere Dicke.

Ueber den Einfluss der Schwerkraft.

Der Umstand, dass das Licht von entscheidender Wirkung auf die Knollenbildung ist, führte zu der Vermuthung, dass auch die Schwerkraft einen Einfluss haben könne. Die allgemeine Analogie, welche Licht und Schwerkraft in ihren Beziehungen zum Pflanzenwachsthum darbieten, vor Allem aber die Erinnerung an den Einfluss der beiden Agentien auf den Ort und die Entwickelung von Wurzel- und Sprossanlagen legten jene Vermuthung sehr nahe.**)

*) Sachs, J. Handbuch der Experimental-Physiologie der Pflanzen. Leipzig, 1865. S. 8.

**) Vöchting, H. Ueber Organbildung im Pflanzenreich. 1. Theil. Bonn 1878. S. 146 ff., 164 ff.

Um die Frage zu entscheiden, stellte ich schon im Sommer 1884 einen Versuch an. Kräftige Knollen wurden in normaler Art in grosse mit nahrhafter Erde gefüllte Töpfe gesetzt. Nachdem in der Erde ein reiches Wurzelsystem und über derselben lange Laubtriebe gebildet waren, wurden die letzteren an Stäben befestigt, die Töpfe mit Moos überbunden und nun in verkehrter Stellung an einem Stativ angebracht, das an mässig sonnigem Orte aufgestellt war. Die wachsenden Spitzen der Zweige, sowie die Blätter führten energische geotropische und heliotropische Bewegungen aus, liessen jedoch keinerlei abnorme Erscheinungen gewahren. Der Versuch dauerte von Mitte Juni bis Mitte September. Als um diese Zeit das Experiment beendet wurde, waren die Sprosse und theilweise auch die Blätter noch grün. An keinem der Sprosse hatte eine Knollenbildung stattgefunden, auch eine ungewöhnliche Anschwellung der Knoten war nirgends wahrzunehmen. In der Erde des Topfes dagegen fanden sich reichlich Knollen von stattlicher Entwickelung. — Als die grünen Sprosse mikroskopisch auf Stärke untersucht wurden, fand sich ein geringer Gehalt davon, welcher dem entsprechend alter, in aufrechter Stellung befindlicher Objecte glich.

Unser Versuch lehrte somit, dass unter den angegebenen Bedingungen die Schwerkraft keinen Einfluss auf die Knollenbildung ausgeübt hatte, oder dass derselbe, wenn vorhanden, durch andere Factoren überwunden worden war. Die Sache blieb fernerer Entscheidung vorbehalten.

Im Frühjahr und Sommer 1885 wurde ein neuer Versuch ausgeführt, dieses Mal aber mit stärkekranken Pflanzen. Wenn, sagte ich mir, dem Object kein dunkler Raum zur Knollenbildung geboten ist, wenn vielmehr alle Stengeltheile annähernd gleiche Beleuchtung empfangen, dann kann bei verkehrter Stellung nur ein Antagonismus zwischen Schwerkraft und innerer Ursache entstehen und der Einfluss der ersteren wird sich, wenn überhaupt vorhanden und von einiger Grösse, in sichtbarer Weise geltend machen.

Zur Ausführung des Versuchs wurden Mitte Juni zwei Objecte gewählt, die eine kräftige Entwickelung erfahren hatten und deren Sprossfolge der in Fig. 1 S. 13 dargestellten im Wesentlichen ähnlich war. Die Trennung des Vortriebes von der Mutterknolle war acht Tage vor der Einleitung des Versuches vorgenommen worden. An beiden wurden die sämmtlichen Ausläufer des Vortriebes und die unteren seitlichen Laubsprosse so weit entfernt, dass jede Hauptaxe an ihrer Basis nur drei Seitensprosse führte, deren längster 15, deren kürzester 6 cm. mass. Nachdem die Hauptaxe mit ihren apicalen Verzweigungen an einem Stabe befestigt und ebenso den basalen Seitenzweigen an kleinen Stäben aufrechte Stellung gegeben war, wurden die Töpfe in verkehrter Stellung an eisernen Stativen angebracht (vgl. Fig. 5). Die gesammten Verhältnisse waren nun dergestalt, dass bei isolirter Stellung im Freien die sämmtlichen Sprosse der Pflanzen annähernd gleiche Beleuchtung empfingen; nur die basalen Triebe waren zeitweise einer mässigen Beschattung ausgesetzt, die sich jedoch als einflusslos erwies.

Um die Töpfe vor einer den Wurzeln schädlichen Erwärmung zu schützen, wurden über dieselben ähnlich gestaltete, grössere Töpfe gestellt, so zwar, dass zwischen der äusseren Wand des inneren und der inneren Wand des äusseren ein beständiger Luftstrom stattfand. Unter diesen Verhältnissen fand eine nur geringe Erwärmung des inneren Topfes statt, die ausserdem noch dadurch herabgesetzt wurde, dass der letztere an seiner Oberfläche fortwährend Wasser verdunsten liess.

Die apicalen Glieder der Hauptaxe sowohl, als die basalen Seitenzweige erfuhren nach der Umkehrung nur noch geringes Wachsthum. Sie suchten sich emporzukrümmen, wurden aber durch erneute

Befestigung daran verhindert. Die Krümmungen und Torsionen der Blätter bedürfen hier keiner Besprechung.

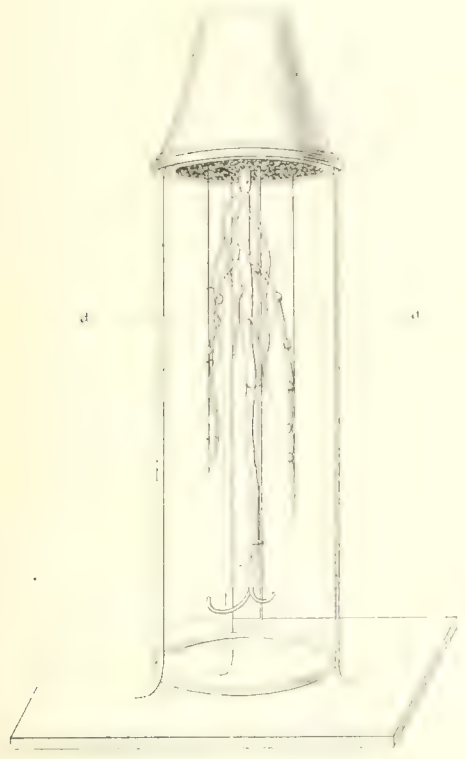


Fig. 5.

Schematische Figur, um die Anordnung des Versuchs, die Vertheilung der Sprosse und die Orte der Knollen anzudeuten.

Die wichtigsten Folgen der Umkehrung zeigten sich darin, dass unter*) den basalen Laubtrieben aus Knospen, welche unter anderen Verhältnissen ruhen bleiben, nunmehr kräftige Sprosse hervorgingen, die in Fig. 5 mit a a bezeichneten. Auf diese beschränkte sich fortan fast das gesammte Wachsthum der Pflanzen. Ihr Verhalten möge für den einen Fall genauer beschrieben werden. In diesem wurden drei solcher Sprosse gebildet, von denen der obere 16, der zweite 20 und der untere 6 cm. Länge erreichte. Der letztere zeigte keine besonderen Erscheinungen, ging verhältnissmässig früh zu Grunde und kann daher ausser Acht gelassen werden. Die beiden oberen waren in Entfernungen von 7 und $8^1/_2$ cm. von der Erdoberfläche im Topfe inserirt; durch lockeres Anbinden an den Stab wurden sie fortwährend in verkehrter Stellung gehalten. Sie nahmen nun nach und nach gänzlich den Charakter grüner Knollensprosse an, indem ihre Stengel und Blätter die bekannten Erscheinungen zeigten.

Im weiteren Verlaufe des Versuches traten nun an diesen Zweigen die Knollen auf, und zwar waren dieselben mit nur geringer Bevorzugung der Basis über die ganze Länge der Sprosse vertheilt. Der obere erzeugte 4 Knollen, deren Grösse von der Basis nach der Spitze hin abnahm; die basale hatte bei der Beendigung des Versuches 15, die apicale 11 mm. Durchmesser. Die letztere war nur 3 cm. von der Zweigspitze und 17 cm. von der Basis der Hauptaxe entfernt. — An dem anderen Zweige wurden 4 entwickeltere und 3 kleine Knollen gebildet. Von den ersteren stand die eine in der Nähe der Basis und hatte 13 mm. Durchmesser, die zweite mit 15 mm. Durchmesser war 9 cm. von der Basis entfernt; die dritte hatte 10 mm. Durchmesser und stand $2^1/_2$ cm. tiefer als die vorige; die vierte endlich war nur 4 cm. von der Zweigspitze entfernt und hatte ebenfalls 10 mm. Durchmesser, ihre Entfernung von der Stammbasis betrug 24 cm. Zwischen diesen vier grösseren waren die kleineren Knollen vertheilt.

Die drei Sprosse an der Basis der Axe, welche schon beim Beginn des Versuches vorhanden waren, und die bei aufrechter Stellung der Pflanze zu Knollensprossen geworden sein würden, erzeugten

*) Das „Unter“ gilt hier in Bezug auf die jetzige Stellung der Pflanzen.

fast keine Knollen, trotzdem sie zeitweise etwas schwächer beleuchtet waren, als die übrigen Theile. Nur der untere brachte einen kleinen Knollenansatz hervor und zeigte auch sonst die äusseren Spuren der Stärkeablagerung.

Gegen Anfang August wurde der Versuch beendigt. Um diese Zeit verloren die apicalen Theile der Hauptaxe mit ihren Blättern die grüne Farbe, ihnen folgten bald die drei basalen Laubsprosse. Länger frisch dagegen blieben die beiden Knollensprosse und in diese strömte nun, wie sich leicht feststellen liess, die gesammte in der Pflanze vorhandene plastische Substanz.

Die zweite der zu dem Versuch verwendeten Pflanzen verhielt sich in allen Hauptpunkten der ersten so ähnlich, dass auf eine ins Einzelne gehende Besprechung derselben verzichtet werden kann.

So wünschbar es auch erscheinen mag, dass der Versuch auf eine grössere Reihe von Objecten ausgedehnt worden wäre, die Berechtigung, aus dem Verhalten der beiden Pflanzen bestimmte Schlüsse zu ziehen, kann nicht bestritten werden. Der Verlauf des Versuches lässt keinen Zweifel darüber, dass die Schwerkraft auf den Process der Knollenbildung einen Einfluss ausübt, welcher dem Eingangs vorausgesetzten entspricht. Und zwar zeigt sich derselbe in zweierlei Weise: erstens in Bezug auf den Ort der Knollensprosse an der Hauptaxe, zweitens bezüglich des Ortes der Knollen an den Sprossen.

Was den ersteren Punkt anlangt, so ist die Verschiebung der Region der Knollensprosse nach abwärts unzweifelhaft als eine Wirkung der Schwerkraft zu betrachten. Wie früher erörtert, werden an solchen Pflanzen, wie die zu unserem Versuch benutzten, bei aufrechter Stellung und allseitiger Beleuchtung nur die untersten Triebe zu Knollensprossen; eine Verschiebung der letzteren nach oben, und obendrein eine secundäre, wurde an ihnen niemals wahrgenommen. — Aber auch die Vertheilung der Knollen an ihren Muttersprossen deutet auf den Einfluss der Schwerkraft hin. An den Zweigen der Pflanzen mit aufrechter Stellung ist die Knollenbildung auf die basalen und mittleren Theile beschränkt; nur selten kommen Ausnahmen von dieser Regel vor. Die ziemlich gleichmässige Vertheilung der Knollen an den verkehrten Zweigen, ihr Vorrücken bis in die Nähe der Spitzen spricht dafür, dass die Schwerkraft auch auf die Bestimmung des Ortes der Knollen einwirke.

Alles zusammen genommen ergiebt sich sonach, dass die Schwerkraft den Knollenbildungs-Process in einer Weise beeinflusst, welche mit den sonst bezüglich der Wirkung dieser Kraft gemachten Erfahrungen im Einklang steht.

Ueber das Wachsthum der Kartoffelpflanze in völliger Dunkelheit.

Zu den eigenthümlichsten und in mancher Beziehung räthselhaftesten Erscheinungen gehören diejenigen, welche die Kartoffelpflanze beim Wachsthum im dunkeln Raume darbietet. Dass die Knollen im Dunkeln bei ausreichender Wasserzufuhr lange vergeilte Triebe mit unentwickelten Blättern bilden, ist eine allbekannte Thatsache. Bekannt ist ferner der Umstand, dass an diesen Trieben häufig kleine Knollen entstehen.*)

*) Vergl. J. Hanstein. Sitzungsberichte der Niederrhein. Gesellschaft in Bonn vom 13. Febr. 1871. Sep.-Abdr.

Ueber einige Versuche bezüglich unseres Gegenstandes berichtet de Vries.*). Er liess Knollen verschiedener Varietäten zu verschiedenen Jahreszeiten im Dunkeln keimen und sich entwickeln. Es entstanden die vergeilten Sprosse und in deren Blattachseln bald nur Knospen oder kleine Stolonen, bald kleine, meist ungestielte Knollen. — In einem Versuch erzeugte jede Knolle drei bis fünf neue Knollen von je 2—3 cm. Länge und daneben an den oberirdischen Theilen kleine Achselknöllchen.

Die fraglichen Erscheinungen, welche die Kartoffel unter den abnormen Verhältnissen darbietet, haben mein Interesse seit langer Zeit in besonderem Grade in Anspruch genommen, und ich habe alljährlich im Frühjahr, Sommer und Herbst mancherlei Versuche angestellt, um in die räthselhaften Vorgänge einen näheren Einblick zu gewinnen. Dies ist mir jedoch nur theilweise gelungen. — Die Ueberzeugung aber hat sich mir ergeben, dass die im Dunkeln gezogenen Pflanzen von den unter normalen Bedingungen erzeugten in wesentlichen Punkten abweichen, dass ihre ganze innere Natur erschüttert ist und dass daher Schlüsse von dem Verhalten der einen auf das der anderen nur in sehr bedingter Weise zulässig sind.

Von den zahlreichen Versuchen, welche ausgeführt wurden, sollen hier nur wenige besprochen werden.

Zunächst einige Angaben über die Wurzelbildung der Pflanzen, wenn sie in feuchter oder trockener Luft verweilen.

Kräftige Knollen einer späten weissen Varietät wurden in Töpfe gesetzt, mit Erde ganz bedeckt und nun unter grossen schwarzen Recipienten der Entwickelung überlassen. Die Recipienten waren im einen Falle aus starker Pappe, im anderen aus Zink hergestellt; im ersteren diffundirte der von der feuchten Erde im Topfe abgegebene Wasserdampf leicht, im letzteren sehr schwer in die umgebende Atmosphäre. Der Raum im einen Recipienten war daher verhältnissmässig trocken, der im anderen dagegen feucht.

In beiden Fällen bildeten die Sprosse in der Erde ein reiches Wurzelgeflecht und wurden zu senkrecht emporwachsenden kräftigen Trieben. Während es unter den Papprecipienten mit der Wurzelbildung in der feuchten Erde sein Bewenden hatte, entstanden an den Sprossen unter dem Zinkgefäss überaus reichlich Wurzeln, welche in die feuchte Luft hineinwuchsen. Dieselben entsprangen stets in der Nähe der Knospen, hauptsächlich neben und unter ihnen und nahmen an Zahl und Länge von unten nach oben allmälig ab. Die höchsten standen 50—60 cm. über der Erde.

Die eben angegebenen Thatsachen lehren, dass der im Dunkeln sich entwickelnde Stengel grosse Neigung besitzt, Wurzeln zu bilden, dass zu der Erzeugung derselben jedoch ein feuchtes Medium erforderlich ist. An den Sprossen im Pappreципienten sind die Anlagen zu Wurzeln ebenfalls vorhanden, gelangen jedoch nicht zur Ausbildung. Wichtig ist die Thatsache, dass die Wurzelbildung von der Basis nach dem Scheitel allmälig abnimmt, dass somit die im Dunkel erzeugten Sprosse in Bezug auf Wurzel- und, was kaum besonders erwähnt zu werden braucht, Sprossbildung verticibasal sind.

Der vorhin beschriebene Versuch, wenn mit anderen Varietäten ausgeführt, lieferte bald das gleiche Ergebniss, bald waren die Wurzeln mehr auf die basalen Theile des Stengels beschränkt.

*) de Vries, H. Landwirthschaftl. Jahrbücher. Bd. 7. S. 650.

Um nun zur Knollenbildung an den im Dunkeln erwachsenen Sprossen überzugehen, soll zunächst das Verhalten unserer Sechswochen-Kartoffel erörtert werden.

Setzt man mit Vortrieben ausgestattete Knollen so tief in Erde, dass auch die ersteren völlig bedeckt sind und bringt die Töpfe in einen dunklen Raum, so beobachtet man Folgendes. Am Scheitel des Vortriebes entstehen einer oder mehrere vergeilende Laubsprosse, während an einem oder auch mehreren der Ausläufer Knollenbildung stattfindet. Ausserdem treten vereinzelt kleine Knollen in den Blattachseln der Laubsprosse und zwar in wechselnder Höhe auf, doch kann die Bildung derselben auch völlig unterbleiben. — Dies die allgemeine Regel für das Verhalten der in der vorhin angegebenen Art eingepflanzten Knollen; auf die Beschreibung der Ausnahmen darf verzichtet werden. Bemerkt sei nur, dass das Wachsthum der Laubtriebe in gewissem Grade von der Entwickelung der Knollen im Boden abhängig ist; werden die letzteren früh angelegt und erfahren sie rasches Wachsthum, dann erreichen die Laubsprosse nur geringen Umfang.

Anders gestalten sich die Verhältnisse, wenn man die Knollen so einsetzt, dass der Vortrieb sich völlig über der Erde befindet, von seiner Basis aus aber Wurzeln in die letztere hinabsenden kann. In diesem Falle entstehen, wenn man die Töpfe in einen trockenen Raum stellt, zwar auch öfters Knollen an den Stolonen des Vortriebes, allein im Ganzen ist jetzt das Wachsthum der Laubsprosse stärker als im vorigen Versuch, und es bilden sich nun viel leichter Knollen an den letzteren. Ausnahmsweise kann es jedoch auch unter diesen Bedingungen vorkommen, dass fast die gesammte Substanz der Mutterknollen in die Tochterknollen am Vortrieb hinüberströmt und die Laubtriebe keine oder nur geringe Entwickelung erfahren.

Aus der eben beschriebenen Thatsache folgt, dass man, um an den Stengeln eine reichlichere Knollenbildung hervorzurufen, genöthigt ist, die Entstehung derselben am Vortrieb zu verhindern. Geschieht dies, dann treten die Knollen allerdings nur noch in der Laubregion auf, allein Zahl und Grösse derselben sind auch jetzt ungemein verschieden. Während die einen Objecte fast ihr gesammtes Wachsthum auf die Bildung vergeilender Laubsprosse beschränken, erzeugen andere mehr oder minder zahlreiche kleine Knollen, die zuweilen die höchst gelegenen Orte einnehmen. — Auch aus diesem verschiedenen Verhalten der Individuen einer und derselben Varietät ersieht man, in welchem Grade der Organismus durch die abnormen Bedingungen verändert worden ist.

Neben der Sechswochen-Kartoffel wurden noch andere Varietäten, vor Allem die schon früher erwähnte weisse späte und eine rothe späte dem Wachsthum im Dunklen überlassen. Die Knollen besassen in diesen Fällen keine Vortriebe, wurden völlig mit Erde bedeckt und lieferten in der Regel mehrere Triebe. Auch jetzt zeigten die Individuen der gleichen Varietät ein sehr wechselndes Verhalten. Im einen Falle entstanden an den Basaltheilen der Sprosse im Boden kräftige Knollen von rascher Entwickelung; dann war das Wachsthum der Laubtriebe schwach und die Zahl und Grösse der an ihnen gebildeten Knollen gering. Andere Pflanzen erzeugten im Boden keine Knollen, dafür aber kräftige und oft viel verzweigte Laubsprosse und an diesen mehr oder minder zahlreiche Knollen, die manchmal stattlichen Umfang erreichten. Die letzteren gingen entweder aus den Blattachseln der Hauptaxe oder, was häufiger, aus den der kleineren Seitenzweige hervor; sie waren bald gestielt, bald sitzend. Höchst eigenthümlich waren gewisse Vorkommnisse. An Pflanzen, die unter 70 cm. hohen Papprecipienten gezogen waren, hatten die Sprosse, welche unter die obere Wand des Recipienten stiessen, sich umgebogen und später zarten, langen, theilweise

schlaff herabhängenden Trieben den Ursprung gegeben. An den Spitzen der letzteren entstanden nun weiterhin Knollen, welche sich verhältnissmässig kräftig entwickelten. Eine solche Pflanze mit den gleichsam an Fäden aufgehängten Knollen bot einen höchst auffallenden Anblick dar.*)

Was die Gestalt der Knollen anlangt, so war dieselbe bald normal, der Varietät entsprechend, bald dagegen in geringerem oder höherem Grade abnorm. Alle entwickelteren Knollen, gleichviel ob normal gestaltet oder nicht, waren, wie die mikroskopische Untersuchung ergab, meist dicht mit Stärke erfüllt. Die grösseren schrumpften selbst bei langem Liegen nur wenig ein und überdauerten den Winter.

An diesem Orte ist eine Thatsache zu erörtern, die ich erst im Herbst 1885 beobachtet habe. An den vergeilten Trieben von erst im September gepflanzten Knollen der späten weissen Varietät hatten von den zahlreich erzeugten Luftknöllchen die kleinsten ein eigenthümlich durchsichtiges, glasartiges Aussehen, während die entwickelteren normale weisse Farbe besassen. Bei der Untersuchung der ersteren fand sich, dass in Knöllchen, welche einen Durchmesser von 5 und selbst noch mehr mm. erreicht hatten, noch keine Spur von Stärke abgelagert war. Das ganze Gewebe war in lebhafter Theilung begriffen und liess den Wachsthumsprozess der Knollen mit seltener Deutlichkeit überschauen. Von diesen Knöllchen gingen manche zu Grunde, andere dagegen entwickelten sich weiter und begannen nun, Stärke abzulagern; aber selbst Knöllchen von 10—12 mm. Durchmesser hatten bei weitem noch nicht den vollen Stärkegehalt. — Zu bemerken ist noch, dass die mit diesen Organen ausgerüsteten Sprosse an ihren basalen Theilen im Boden normal gestaltete, kräftige und dicht mit Stärke erfüllte Knollen gebildet hatten.

Es war mir bisher nicht möglich festzustellen, ob die Bildung der Luftknollen im Dunkeln stets oder doch häufig in der eben beschriebenen Weise beginnt. Was aber die fernere Untersuchung darüber auch ergeben mag, soviel geht aus dem Mitgetheilten unzweifelhaft hervor, dass die Anlage, sowie das Wachsthum der Knollen und die Stärkeablagerung in denselben trennbare Prozesse sind. Unter normalen Bedingungen finden die beiden Vorgänge bekanntlich vom Beginn an gleichzeitig statt; eine Trennung derselben scheint unmöglich zu sein. In unserem Falle dagegen wurden die Prozesse von einander gelöst; die Bildung des Organes erschien als das Primäre, die Stärkeablagerung als secundär. Die letztere konnte auch unterbleiben; dann ging das Organ, ohne seine Function erfüllt zu haben, zu Grunde. Unsere Objecte boten sonach das genaue Gegentheil von den Erscheinungen dar, welche wir an den stärkekranken Pflanzen wahrnahmen. Dort traten die Knollen als Nothproduct auf; sie entstanden erst, wenn der Stengel mit Stärke überfüllt und die Erzeugung von Reservoiren

*) Hier mag beiläufig einer Beobachtung gedacht werden, die nur einmal gemacht wurde. Im Frühjahr 1883 wurden Knollen einer späten rothen Varietät in mit magerer Erde gefüllte Schalen gesetzt und unter dem Einfluss des Tageslichtes der Keimung überlassen. Nachdem die schmächtigen Triebe eine Länge von 25—30 cm. erreicht hatten, wurde eine der Schalen in einen finsteren Raum gestellt. In Folge dessen trat die auffallende Erscheinung ein, dass die Sprosse dicht unter ihrem Scheitel knollig anschwollen. Die Gestalt dieser Knollen war rundlich (Taf. V, Fig. 11), oval oder unregelmässig wulstig. Sie traten auf, ohne dass die Wachsthumsrichtung der Triebe irgend eine Aenderung erfuhr. Dieses Vorkommen ist das einzige derartige, welches ich beobachtet habe; Knollenbildung unter dem Scheitel der Hauptaxe wurde zwar früher schon an den Vortrieben wahrgenommen, allein in diesen Fällen war das Längenwachsthum der Sprosse ein gehemmtes, während die letzteren im vorliegenden Falle der Streckung fähig waren. Meine Bemühungen, die näheren Bedingungen der fraglichen Knollenbildung festzustellen, führten zu keinem sicheren Ergebniss. Die Wiederholung des Versuches ergab ein wechselndes Resultat; meist vergeilten die Triebe einfach, wenn sie dem Dunkel ausgesetzt wurden, und nur gelegentlich traten den oben beschriebenen entfernt ähnliche Erscheinungen ein.

nothwendig geworden war. — Hier erschienen sie aus unbekannten morphologischen Gründen; die Function trat erst später hinzu oder konnte auch gänzlich unterbleiben.

Die eben erörterten Verhältnisse, vor allem aber der Umstand, dass die Knollenbildung theilweise oder gänzlich in die Laubregion verschoben ist, die Polarität der Sprosse in Bezug auf die Knollen nicht zur Aeusserung gelangt, lehren, in wie hohem Grade die ganze Natur des Organismus durch das Wachsthum im Dunkeln erschüttert ist. Zur Erklärung jener Ortsverschiebung dürfte man vielleicht zunächst den Umstand herbeiziehen, dass in den vergeilenden Sprossen die Bewegung der plastischen Stoffe ausschliesslich oder doch hauptsächlich nach oben, nach den Spitzen der Triebe, stattfindet und in dieser einseitigen Bewegung der Säfte die Ursache der abnormen Knollenbildung suchen. Diese Ansicht wäre jedenfalls insofern richtig, als das Material zur Anlage und zum Wachsthum der Knollen von dem aufsteigenden Nahrungsstrome geliefert wird; fraglich erscheint aber, dass der letztere den Anlageort der Knollen bestimme, dass er bedinge, welche der Achselknospen sich zu Knollen entwickeln sollen Aller Wahrscheinlichkeit nach liegen die Ursachen hiervon erheblich tiefer.

Nach Feststellung des allgemeinen Verhaltens der vergeilenden Pflanzen wurde versucht, auf die Bestimmung des Ortes der Knollen experimentell einzuwirken. Bei meinen bisherigen Bemühungen handelte es sich um den Einfluss von Contact mit feuchten Medien, der Schwerkraft und von localen Eingriffen in das Wachsthum der Sprosse.

Was zunächst den ersteren Punkt anlangt, so wolle man sich erinnern, dass aufrechte grüne Sprosse, wenn sie in höherer Region local mit feuchter Erde oder trockenen Medien umgeben wurden, nur ganz ausnahmsweise mit der Bildung eines Ausläufers oder einer kleinen Knolle antworteten. Anders verhielten sich die vergeilenden Sprosse, wenn sie in ähnlicher Weise behandelt wurden. Die Ausführung der Versuche geschah mit der Sechswochen-Kartoffel und zwar so, dass auch jetzt wieder die Sprosse auf verschiedener Höhe durch etwa 12 cm. hohe, mit feuchter Erde gefüllte Töpfe geleitet wurden. Es wurde dabei der Spross im einen Falle erst nachträglich an seiner Oberfläche mit dem feuchten Medium in Contact gebracht, im anderen dagegen mit seinem apicalen Ende von unten in den Topf geleitet und genöthigt, das Medium wachsend zu durchdringen. Diese Verschiedenheiten in der Behandlung bedingten jedoch kein verschiedenes Ergebniss. Solcher Versuche wurden sechs ausgeführt und zwar mit Objecten, deren Vortriebe sich von ihrer Basis aus bewurzelt hatten, deren Stolonen entfernt und die nun der trockenen Luft ausgesetzt waren. — Schon während des Wachsthums der Sprosse fiel es auf, dass sie im Bereich ihrer von Luft umgebenen Theile keine oder nur vereinzelt kleine Knollen erzeugten. Als bei ihrem Zugrundegehen die Töpfe untersucht wurden, fand sich, dass in allen Fällen die Sprosse im Bereich der Erde eine oder zwei verhältnissmässig stattliche Knollen erzeugt hatten. Die letzteren waren sitzend, von normaler Gestalt und normal mit Stärke gefüllt. Stolonen oder aufstrebende Sprosse waren in keinem Falle in den Töpfen gebildet.

Auf Grund dieser Thatsachen glaube ich mich berechtigt, den Schluss zu ziehen, dass der Contact mit feuchter Erde die Knospen zur Knollengestaltung reizt und ferner das Wachsthum der angelegten Knollen befördert, letzteres in Uebereinstimmung mit schon früher gewonnenen Erfahrungen; ob es sich bei dem fraglichen Contact aber lediglich um die Anwesenheit von Wasser, sei es in flüssiger oder Dampfgestalt, oder um die Berührung mit dem festen Körper, oder endlich um beides handelt, wurde nicht näher untersucht.

Wir gelangen damit zu dem Einfluss der Schwerkraft. Das Verhalten der vergeilenden Objecte bezüglich ihrer Knollenbildung liess a priori erwarten, dass eine Wirkung der Schwerkraft auf diesen Process nicht vorhanden oder doch nur sehr gering sei. Die Untersuchung, welche diese Erwartung vollständig bestätigte, soll hier nur kurz angedeutet werden.

Zunächst wurden Objecte, denen gestattet war, an der Basis Knollen zu bilden, in verkehrter Lage angebracht, nachdem ihre Sprosse etwa 60 cm. Höhe erreicht hatten und an Stäben befestigt waren. In der neuen Lage krümmten sich die Triebe energisch empor und verzweigten sich bald mehr, bald minder reichlich. Eine gesteigerte Knollenbildung an diesen Theilen konnte jedoch nicht wahrgenommen werden. Es fanden sich, wie an den aufrechten Pflanzen, Knollen von wechselnder, meist geringer Grösse und in verschiedener Anzahl. Wie bei jenen, kamen auch hier Fälle vor, in denen nur an der Basis eine oder zwei grössere Knollen gebildet wurden, während an den in der Luft befindlichen Theilen der Sprosse keine auftraten.

Wurden dagegen die verkehrten Sprosse local mit feuchter Erde umgeben, dann entstanden im Bereich der letzteren Knollen, wie an aufrechten Trieben unter gleichen Bedingungen. Der Versuch wurde zwar nur mit zwei Sprossen angestellt, lieferte aber in beiden Fällen das gleiche Ergebniss. Ein Vortheil zu Gunsten der verkehrten Zweige war an den Knollen nicht wahrzunehmen.

Alles zusammengenommen, ergiebt sich somit, dass die Schwerkraft auf die Knollenbildung an den vergeilenden Sprossen entweder keinen oder einen relativ so geringen Einfluss ausübt, dass derselbe gegenüber der Wirkung anderer Factoren nicht sichtbar wird. Auch hier zeigt sich die innere Veränderung, welche der Organismus der Pflanze unter den abnormen Bedingungen erfahren hat.

Endlich versuchte ich noch, durch künstliche Eingriffe in das Wachsthum der Sprosse die Knollenbildung zu beeinflussen. Es wurden Objecte gewählt, deren Vortriebe sich über der Erde befanden und die am Scheitel derselben nur je einen kräftigen Spross erzeugt hatten. Nachdem der letztere einige Länge erreicht hatte, wurde er in seinem apicalen Theile vorsichtig umgebogen und in der gekrümmten Lage befestigt. In anderen Fällen liess ich die Sprosse sich unter einem 50 cm. hohen Recipienten entwickeln und, nachdem sie mit ihrer Spitze die obere Wand erreicht hatten, unter dieser hinwachsen, um sie erst dann abwärts zu krümmen. Die Folge dieses Eingriffes war, dass bei einem Theile der Objecte die gekrümmten Stücke sich beträchtlich verdickten, während das Längenwachsthum nachliess. An der gekrümmten Stelle bildeten sich ferner Knollen von verhältnissmässig grossem Umfange. Doch geschah dies nur an einigen Sprossen; andere erzeugten vor und auf der Krümmung Laubtriebe.

Die Knollenbildung an der gekrümmten Stelle ist jedenfalls als eine Folge der gesteigerten Nahrungszufuhr nach jenen Orten aufzufassen. Diese Ansicht könnte als ein Widerspruch gegen unsere oben geäusserte Anschauung bezüglich der Bedeutung des Nahrungsstromes für die Entstehung der Knollen erscheinen, sie ist es in Wirklichkeit aber nicht. Denn der Strom der plastischen Substanz ist wohl nothwendig für das Wachsthum der Gebilde, bestimmt aber nicht die morphologische Natur derselben.

Soviel über unsere Dunkelculturen. Wir haben uns bemüht, der Pflanze auf den Abwegen, welche sie unter den abnormen Bedingungen einschlägt, etwas weiter zu folgen, als es bisher geschehen ist, in dem Glauben, dass für eine einstige tiefere Erfassung des Problems der Ursachen pflanzlicher Gestaltung auch diese eigenthümlichen Verhältnisse von einiger Bedeutung sein werden.

Die Knollenbildung an anderen Pflanzen.

Knollenbildung von Ullucus tuberosa.

Der Kartoffel in wesentlichen Punkten ähnlich verhält sich die den Basellaceen angehörende Ullucus tuberosa. Unter normalen Verhältnissen findet auch hier die Knollenbildung an der Basis der Stengel im Boden statt. Es werden feine fadenförmige Ausläufer gebildet, deren Spitzen zu den der Pflanze eigenen zierlichen Knollen anschwellen. Auch hier ist der wichtigste Reservestoff die Stärke.

Der Umstand, welcher mich hauptsächlich veranlasste, die Pflanze zur Untersuchung zu wählen, war die mir in gärtnerischer Litteratur begegnete Angabe, sie bilde im Herbst erst bei sinkender Temperatur ihre Knollen. Bringe man dieselbe rechtzeitig in ein temperirtes Gewächshaus, so unterbleibe die Bildung der letzteren, während das übrige vegetative Wachsthum seinen Fortgang nehme. Es wäre somit die sinkende Temperatur, welche den Process der Knollenbildung bedingt.

Diese Angabe kann ich auf Grund meiner Beobachtungen nicht bestätigen. Richtig ist, dass die Knollen im Allgemeinen erst spät erscheinen, erst dann, wenn ihre Sprosse beträchtliche Ausdehnung erreicht haben. Es herrscht hierin ein ähnliches Verhalten, wie wir es bei Helianthus tuberosus finden. Im Uebrigen aber ist die Knollenbildung von der Temperatur unabhängig. Ich beobachtete an meinen Topfexemplaren die Entstehung verhältnissmässig kräftiger Knollen schon im Laufe des sehr warmen August 1885; die Stolonen-Bildung fand theilweise noch früher statt. Aehnliche Verhältnisse wurden auch an den im Freien gepflanzten Objecten wahrgenommen.

Ferner wurden im Herbst kräftige Pflanzen in ein Zimmer gestellt, dessen Temperatur der eines temperirten Gewächshauses gleich war. Die Objecte blieben lange Zeit frisch, gingen später aber zu Grunde, nachdem sie Knollen erzeugt hatten. Es mag dazu bemerkt werden, dass andere krautige Pflanzen unter den gleichen äusseren Bedingungen den ganzen Winter überdauerten.

Aus den angeführten Thatsachen folgt, dass ein Einfluss der Temperatur in dem oben angedeuteten Sinne nicht stattfindet.

Auf eine Reihe weiterer Versuche, welche mit unserer Pflanze angestellt wurden, soll lediglich hingewiesen werden. Auch hier wurde die knollenbildende Region des Stengels über die Erde verlegt und die Erzeugung von Luftknollen hervorgerufen. Es ergab sich dabei, dass das Licht zwar hemmend, jedoch nicht in dem hohen Grade einwirkt, wie bei der Kartoffel. Nicht nur entstehen im Hellen leichter Knollen, sondern auch mehr oder minder lange Stolonen; sitzende Knollen wurden hier niemals beobachtet. Gelegentlich kamen sehr zierliche Mittelbildungen zwischen Laubsprossen und Stolonen vor;

kleine, dem basalen Theile der Stengel entspringende, dem Aeusseren nach ursprünglich zu Stolonen bestimmte, nun mit kleinen Laubblättern versehene Triebe wuchsen zunächst senkrecht empor. Bald aber verwandelte sich der Scheitel in einen ächten Ausläufer mit abwärts geneigter Richtung; ebenso gingen aus den Achseln der kleinen Laubblätter ächte Stolonen hervor.

Dass die Knollenbildung von U. tuberosa in ungleich geringerem Grade vom Lichte gehemmt wird, als die der Kartoffel, geht auch aus folgender wiederholt beobachteten Erscheinung hervor. An Topfexemplaren, deren Stengel nur bis zu geringer Tiefe in die Erde hinab ragten, hier aber Knollen erzeugten, entstanden an den über den Topfrand geneigten Theilen Stolonen und kleine Knollen, trotzdem die Pflanzen einer intensiven Beleuchtung ausgesetzt waren. Die fraglichen Sprosse wiesen an keinem Orte Verletzungen auf, welche etwa die Stoffbewegung in ihnen hätten hindern können.

Schliesslich sei noch bemerkt, dass die Stärkebildner der Knollen, wenn diese dem Licht ausgesetzt werden, ergrünen wie die der Kartoffel.

Knollenbildung von Helianthus tuberosus.

Das wichtigste Untersuchungs-Object nächst der Kartoffel bildete Helianthus tuberosus. Derselbe gleicht der ersteren darin, dass seine Knollen einjährige Dauer haben, weicht aber in anderen Punkten nicht unerheblich ab. Als Hauptunterschied ist zu bezeichnen, dass die Knolle statt der Stärke Inulin als Reservestoff führt, ein Umstand, der verschiedene andere Abweichungen mit sich bringt. Sodann bilden die Knollen Wurzeln und treten damit in innigere Wechselbeziehungen zu den aus ihnen hervorgehenden Sprossen, als dies bei der Kartoffel geschieht.

Aus der grossen Terminalknospe der Knolle entwickelt sich im Frühjahr ein kräftiger unverzweigter Laubspross, der an seinem von Erde bedeckten Theile reichlich Wurzeln erzeugt. Die Mutterknolle geht, wenn ihres Inhaltes beraubt, mitsammt ihren Wurzeln zu Grunde. — Die neuen Knollen bilden sich einzeln oder, was häufiger, zu mehreren an dem untersten Ende der Hauptaxe; sind sie in Mehrzahl vorhanden, so stehen sie stets dicht gedrängt.

Für die Untersuchung wichtig ist folgender Umstand. Bei der Kartoffelpflanze, auch deren späten Varietäten, beginnt die Knollenbildung rasch, lange bevor die Sprosse ihre volle Grösse erreicht haben. An den Trieben von H. tuberosus dagegen entstehen die Knollen erst spät, zu einer Zeit, in welcher jene ihr Wachsthum der Hauptsache nach vollendet haben. Ich fand erst Ende Juli die ersten Knollenansätze in Gestalt kleiner Protuberanzen. Vier Wochen später waren diese zu Knollen geworden, die noch nicht mehr als etwa 15 mm. Durchm. hatten. Nun erst trat ein rascheres Wachsthum ein.

Was den Stoffwechsel in unserer Pflanze anlangt, so sei hier nur an die bekannten, durch Sachs*) und hauptsächlich durch Prantl**) festgestellten Thatsachen erinnert. Die in den Assimilations-Organen erzeugte Stärke wandert in der Gestalt von Glycose im Stengel hinab, um in der Knolle als Inulin abgelagert zu werden. In der jungen Knolle ist anfangs in der Stärkescheide transitorische Stärke zu

*) Sachs, J. Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik. Herausgegeben von Pringsheim. Bd. III. Berlin 1863. S. 192 u. 219 — Handbuch der Experimental-Physiologie der Pflanzen. Leipzig 1865. S. 348.

**) Prantl, K. Das Inulin. München 1870. S. 52.

beobachten; später aber verschwindet diese und es findet sich dann nur noch in der Nähe des Vegetationspunktes feinkörniges Amylum. Die zuströmende Glycose dürfte sich, soweit die vorliegenden Thatsachen zu schliessen erlauben, in der Knolle direct in Inulin verwandeln.

Bedenkt man, dass das Inulin in den Knollen als Reservestoff die Stärke vertritt, erwägt man ferner die chemische Beschaffenheit des ersteren, so wird die Frage nahe gelegt, ob die Bildung desselben nicht ebenso wie die der Stärke an bestimmte Plasmakörper gebunden sei. Auf Grund bis jetzt ausgeführter Untersuchungen dürfen wir das Inulin als ein Condensations-Product der Glycose betrachten; Kiliani*) hält die Formel $C_{36}H_{62}O_{31}$ ($= 6C_6H_{10}O_5 + H_2O$) für den richtigen Ausdruck der Zusammensetzung des reinen Inulins. Nun wäre ja denkbar, dass der gesammte Plasmakörper der Knollenzelle als Inulinbildner fungirt; möglich aber auch, dass besondere Inuloplasten in den Zellen vorhanden sind, welche den Stärkebildnern analog eine relativ selbstständige Existenz führen. Wenn de Vries**) schon so weit geht, das Vorhandensein von besonderen Vacuolenbildnern anzunehmen, so dürfte die letztere der eben geäusserten Vermuthungen um so begründeter erscheinen, als ja alle Condensations-Processe im Körper vitaler Natur sind. — Wie der wirkliche Sachverhalt sein mag, bleibt einstweilen dahingestellt; gelegentliche Bemühungen, darüber Klarheit zu erlangen, haben bisher zu keinem Ziele geführt und eine methodische, auf das fragliche Ziel gerichtete Untersuchung, welche selbstverständlich zugleich auf Rohrzucker führende Organe auszudehnen wäre, lag ausser dem Plane dieser Arbeit. Sollten in der That geformte Inuloplasten vorhanden sein, dann würden sie sich in einem wesentlichen Punkte von den Stärkebildnern unterscheiden: sie würden am Licht nicht ergrünen. Die Knollen von H. tuberosus weichen dadurch von der Kartoffel ab, dass sie selbst dann nicht grün werden, wenn man sie zwingt, sich am Licht zu entwickeln. Erst bei der Keimung der Knollen findet in den jungen beleuchteten Theilen die Bildung von Chlorophyll statt.

Nach diesen einleitenden Bemerkungen gelangen wir zur Besprechung der mit H. tuberosus angestellten Versuche. Die letzteren waren lediglich auf die Beantwortung der Frage gerichtet, ob die Factoren, welche den Ort und das Wachsthum der Knollen bei der Kartoffel bedingen, auch hier Geltung haben. Es handelte sich demnach hauptsächlich darum, die Knollenregion des Stengels über die Erde zu verlegen, eine Aufgabe, welche, wie bei der Kartoffel, auf zweierlei Weise erreicht wurde. Erstens wurden im Frühjahr Stecklinge hergestellt, welche im Bereich der Erde keine Knospen führten. Dies war um so leichter, als die Internodien der Triebe lang sind und leicht Wurzeln bilden. Zweitens wurden Knollen so eingepflanzt, dass ihr Scheitel über die Erde emporragte, der Terminalspross sich von seiner Basis aus aber bewurzeln konnte.

Was zunächst die auf letztere Art gewonnenen Pflanzen anlangt, so entwickelten sich dieselben sehr kräftig. Die Wasserzufuhr geschah bei ihnen anfangs von der Mutterknolle aus, weiterhin aber durch wenige, jedoch ausserordentlich starke Wurzeln, welche dem basalen Ende des Stengels entsprangen. Der von den Pflanzen erreichte Umfang glich etwa dem unter normalen Bedingungen im Freien gewachsener Objecte. Von Störungen im Wachsthum, wie sie bei den Kartoffelpflanzen auftraten, war hier nichts zu

*) H. Kiliani. Ueber Inulin. Liebig's Annalen der Chemie. Bd. 205. Leipzig u. Heidelberg 1880. S. 145 ff. Vergl. A. Meyer. l. c. S. 21.

**) de Vries, H. Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik. Herausgegeben von Pringsheim. Bd. XVI. Berlin 1885. S. 495.

gewahren, ein Umstand, der offenbar damit in Zusammenhang steht, dass die Knollenbildung, wie oben erwähnt, erst dann beginnt, wenn die Pflanze nahezu ausgewachsen ist.

Das erste, was im Verlaufe ihrer Entwickelung an den meisten Objecten auffiel, war eine starke Verdickung des basalen Stengeltheiles. Später entstanden an diesen Orten kleine Knollen und zwar oft in beträchtlicher Zahl. Weiterhin bildeten sich Knollen aber auch in den Achseln der Blätter des mittleren Stengeltheiles, ja in einzelnen Fällen traten sie selbst in geringer Entfernung vom Stammscheitel auf. — An wenigen anderen Objecten dagegen wurden an den oberirdischen Theilen keine oder nur wenige basale Knollen erzeugt.

Der eigenthümlichen Veränderungen, welche die Stengel an den Orten der Knollenbildung eingehen, soll erst bei den Stecklingen gedacht werden.

Als im Herbst beim Abschluss des Wachsthums die Pflanzen untersucht wurden, fanden sich folgende Verhältnisse. Das Gewebe der Mutterknollen war entweder völlig oder nur zum grösseren Theil in Zersetzung übergegangen. Im letzteren Falle fand sich, wie bei den unter ähnlichen Bedingungen gezogenen Kartoffeln ein oberes seitliches Stück der Knolle erhalten; diesem Stück entsprangen Wurzeln und Knollen oder nur die ersteren. Das leitende Gewebe in dem erhaltenen Theile war ungewöhnlich kräftig entwickelt, der abnormen Function entsprechend, welche es zu erfüllen hatte. — Daneben kam es vor, dass das ganze Scheitelende der Mutterknolle erhalten war, an welcher nun Wurzeln bez. Knollen gebildet worden.

War es der Pflanze gelungen, im Bereich der Erde, sei es nun an der Mutterknolle oder von der Stengelbasis aus, eine kräftige Knolle zu erzeugen, dann war die Knollenbildung an den oberirdischen Theilen nur gering und auf das basale Axenstück beschränkt oder sie unterblieb auch völlig. Hatte dagegen im Boden keine genügende Erzeugung von Knollen stattfinden können, dann waren Luftknollen an den oben bezeichneten Orten entstanden.

Besonders zu erwähnen ist folgender Umstand. In fast allen Fällen, in denen die Knollenbildung im Boden erschwert war, zeigten einzelne der starken Wurzeln, welche aus der Mutterknolle oder der Stengelbasis hervorgingen, knollenartige Anschwellung (Taf. V, Fig. 9), deren anatomische Beschaffenheit später behandelt werden wird. Derartige Bildungen wurden unter normalen Verhältnissen niemals beobachtet.

Damit gelangen wir zu den aus Stecklingen gezogenen Pflanzen. Auch diese entwickelten sich ausnahmslos in kräftigster Weise, erreichten jedoch aus naheliegenden Gründen nicht ganz den Umfang der eben besprochenen Objecte. Auch sie liessen bis zum Herbst keinerlei Störungen im Wachsthum erkennen. Die Knollenbildung im Boden war ihnen gänzlich versagt, und es entstanden daher stets in den Achseln der Laubblätter kleine Luftknollen. Beim Herausnehmen der Objecte aus den Töpfen fand sich jedoch, dass regelmässig an ihren unteren Schnittflächen kräftige, oft knollige Callusmassen erzeugt waren und dass ferner die Wurzeln an ihren Basen sich knollenförmig verdickt hatten. (Taf. V, Fig. 7.) Die ganze so erzeugte knollige Masse konnte den Umfang einer normalen Knolle von mittlerer Grösse erreichen.

Um nun auch für H. tuberosus den Einfluss des Lichtes auf die Knollenbildung näher festzustellen, wurden solche aus Stecklingen gezogene Pflanzen gewählt. Nachdem sie nahezu ausgewachsen waren, wurden ihre Stengel in wechselnder Höhe vermittelst der früher beschriebenen kleinen, schwarzen Recipienten

local verdunkelt. Es ergab sich, dass sämmtliche Knospen im Bereich des dunkeln Raumes ausnahmslos sich zu Knollen gestalteten, welche ein verhältnissmässig rasches Wachsthum erfuhren. (Taf. V, Fig. 8.) Einzelne derselben erreichten 18—20 mm. Durchmesser und in einem Falle wurden unter einem Recipienten sechs solcher Knollen erzeugt. Auffallend war dabei, dass die letzteren meistens einige lange Wurzeln bildeten. Selbst in der trockenen Luft des Papprecipienten fand die Bildung derselben, wenn auch nicht in so ergiebiger Weise wie unter dem Zinkgefäss, statt. Auch diese Versuche waren von schlagendem Charakter. Sie zeigen, dass die Bildung ächter Knollen selbst in hoher Region des Stengels weniger Schwierigkeiten bietet, als die der knolligen Stengel- und Wurzelanschwellungen an der Basis, vorausgesetzt, dass die äusseren Bedingungen an beiden Orten annähernd gleich sind.

Schon oben wurde auf eigenthümliche Wachsthumserscheinungen hingewiesen, welche der Stengel unter den Orten der im Hellen entstandenen Knollen eingeht. Dieser Gegenstand bedarf einer näheren Erörterung.

Unter den jungen Knollenanlagen beginnt der Stengel an Umfang zuzunehmen. Epidermis und primäre Rinde vermögen dem Wachsthum nur kurze Zeit zu folgen; sie reissen bald auf und nun tritt eine callöse Protuberanz hervor, welche nach unten verläuft und allmälig bis zum Schwinden kleiner wird. (Taf. V, Fig. 8.) Während sie in einigen Fällen nur klein sind, erreichen diese Hügel in anderen einen grössten Durchmesser von 4—5 mm., ja in einzelnen Fällen stellen sie stattliche Sockel für die dann verhältnissmässig kleinen Knollen dar.

Die mikroskopische Untersuchung dieser Protuberanzen führte zu einem interessanten Ergebniss. Sie lehrte, dass das Cambium an den fraglichen Orten seine holzbildende Thätigkeit eingestellt und statt dessen ein Parenchym erzeugt hatte, dessen Elemente zartwandig, in radialer Richtung verlängert und, ihrer Entstehung entsprechend, in radialen Reihen angeordnet waren. Die ganze Structur dieses Gewebes zeigte eine auffallende Aehnlichkeit mit demjenigen, welches die Hauptmasse der Knolle zusammensetzt.

Die Knolle besitzt ein centrales Mark ohne regelmässige Anordnung seiner Zellen und, auf dieses folgend, ein mächtiges, strahlig geordnetes, dem Cambium entstammendes Parenchym mit dünnwandigen, radial verlängerten Elementen. — Dem letzteren gleicht das vorhin beschriebene Gewebe der Protuberanzen und zwar nicht bloss in der Form, sondern auch im Inhalt: es führt wie jenes Inulin.

Die eben angegebenen Verhältnisse erinnern an die bei den stärkekranken Kartoffeln beobachteten. In beiden Fällen verdickt sich bei der abnormen Ablagerung der Reservestoffe der Stengel. Während jedoch bei der Kartoffel nur die normal vorhandenen Elemente als Ablagerungsstätten fungiren, entwickelt der Stengel von H. tuberosus ein besonderes, sonst nicht auftretendes Gewebe, ein Knollengewebe. Hierzu ist jedoch zu bemerken, dass nicht nur das letztere, sondern auch das Parenchym des Markes und der Rinde meist reich mit Inulin versehen ist. Die Entstehung jenes Gewebes steht offenbar mit einer Ueberfüllung an diesem Stoff in den normal schon vorhandenen Elementen in Zusammenhang. — Auch diese Verhältnisse, besonders das Auftreten des Inulins in den Mark- und Rindenzellen, legen die früher aufgeworfene Frage nach der Existenz besonderer Inuloplasten nahe.

Wie oben erwähnt, verdickt sich bei den Pflanzen der ersten Versuchsform, denen die Mutterknollen gelassen wurden, die Stengelbasis in erheblicher Weise. Auch diese Umfangzunahme beruht der

Hauptsache nach auf der Bildung von parenchymatischem Knollengewebe durch das Cambium und dieses Gewebe sowohl, als die übrigen parenchymatischen Elemente sind reich mit Inulin erfüllt. Das letztere gilt, was kaum noch besonders hervorgehoben zu werden braucht, auch von dem Callus, welcher an der Basis der aus Stecklingen gezogenen Pflanzen erzeugt wurde.

Auffallend aber ist, dass auch die knollenförmigen Verdickungen an den Wurzeln mit der Bildung eines Gewebes in Zusammenhang stehen, das unserem Knollengewebe in allen wesentlichen Punkten gleicht und wie dieses zur Ablagerung von Inulin benutzt wird. Derartige Verhältnisse wurden weder bei der Kartoffel, noch bei den übrigen untersuchten Arten wahrgenommen. Bei H. tuberosus liegt demnach der seltene Fall vor, dass in Folge künstlicher Eingriffe die Funktion eines Organes von bestimmter morphologischer Kategorie auf ein solches von anderer Klasse übertragen wird; die Funktion von Stengelgebilden, den Knollen, geht hier theilweise auf die Wurzeln über. Der Vorgang bietet einen ausgesprochenen Fall von sogenannter vicarirender Function dar. — Um Missverständnisse zu vermeiden, sei übrigens hinzugefügt, dass die stärkeren Wurzeln der jungen Knollen auch unter normalen Wachsthumsbedingungen in ihren parenchymatischen Elementen Inulin ablagern können und wohl regelmässig ablagern. Niemals aber wurde die Bildung der knollenförmigen Verdickungen und des specifischen Gewebes beobachtet, und in diesem Punkte liegt der entscheidende Umstand, welcher den hier besprochenen Fall zu einem seltenen Vorkommen machen dürfte.

Ob die fraglichen Knollen auch im Stande sind, im Frühjahr Adventiv-Knospen zu erzeugen und auch insofern die Rolle der Knollen zu übernehmen, konnte bisher nicht festgestellt werden.

Knollenbildung von Begonia.

Im Eingang unserer Arbeit theilten wir die knollenführenden Gewächse in zwei Gruppen, in solche mit einjährigen und solche mit dauernden Knollen. Als Vertreter der letzteren wurden zwei Arten der Gattung Begonia gewählt, B. discolor und boliviensis. Bei beiden gehen die Knollen an der Keimpflanze aus dem anschwellenden basalen Stengeltheile hervor und werden allmälig zu den bekannten massigen Gebilden. Die letzteren führen auf ihrer Oberseite eine Aushöhlung, welcher alljährlich die Sprosse entspringen. Diese bewurzeln sich an ihren mit Erde umgebenen Theilen, ausserdem aber bekleidet sich alljährlich die Mutterknolle auf ihrer ganzen Oberfläche dicht mit jungen Wurzeln.

Der wichtigste Reservestoff ist die Stärke, welche die parenchymatischen Zellen der Knolle in mässiger Dichte erfüllt.

Was den Ort der Knollen anlangt, so gilt auch hier die Regel, dass derselbe in erster Linie durch innere Ursachen bestimmt wird: es ist die Basis, welche die Knollen erzeugt. Stellt man Stecklinge her, welche an der Basis mit einem Knoten endigen, so entwickelt sich die Knospe des letzteren zur Knolle, indem ihr basaler Theil anschwillt und das Ganze bald die charakteristische Form annimmt.

Ein wichtiger Unterschied zwischen den beiden Begonia-Arten und den früher behandelten Pflanzen besteht darin, dass die ersteren sowohl an den Internodien, als den Blattstielen Adventiv-Sprosse erzeugen können.

Steckt man die Stiele abgeschnittener Blätter von B. discolor mit ihren unteren Enden in feuchte Erde, oder stellt sie auch nur in Wasser, so erzeugen sie dicht über der basalen Schnittfläche einen Kranz von Wurzeln und weiterhin meist zahlreiche Sprosse, deren untere Internodien zu kleinen Knollen anschwellen.

Um das Verhalten von Internodien festzustellen, wurden Stecklinge von B. boliviensis so geschnitten, dass die basalen Theile von längeren Internodialstücken gebildet wurden; die letzteren allein wurden dann mit Erde umgeben.

Nun ergab sich, dass in keinem Falle die dem Einfluss des Lichtes ausgesetzten Knospen zu Knollen wurden, wohl aber bildeten sich an den basalen Schnittflächen je eine oder mehrere knollenartige Excrescenzen. Als im Herbst alle übrigen Theile der Pflanzen zu Grunde gingen, blieben diese Bildungen frisch und überdauerten den Winter. Im nächsten Frühling gingen aus ihnen Adventiv-Sprosse hervor, und nun gestalteten sie sich nach und nach zu Knollen von normaler Form.

Als der eben beschriebene Versuch mit Sprossen von B. discolor ausgeführt wurde, stellten sich an einzelnen Objecten höchst eigenthümliche Erscheinungen ein. Es fand an ihnen im Boden keine Knollenbildung statt, wohl aber entstanden in den Achseln der Blätter kleine Knöllchen. Sie traten in Ein- oder Mehrzahl auf — in einzelnen Fällen drängten sie sich geradezu in der Blattachsel — und nahmen nicht nur den basalen Theil der Sprosse ein, sondern waren über deren ganze Länge vertheilt.

Die Knöllchen selbst hatten meist eiförmige oder ellipsoidische Gestalt und waren mit kleinen schuppenförmigen Blättchen besetzt. Gelegentlich ging aus dem Scheitel einer Knolle eine zweite hervor. Alle besassen intensiv grüne Farbe und führten als Inhalt reichlich Stärke.

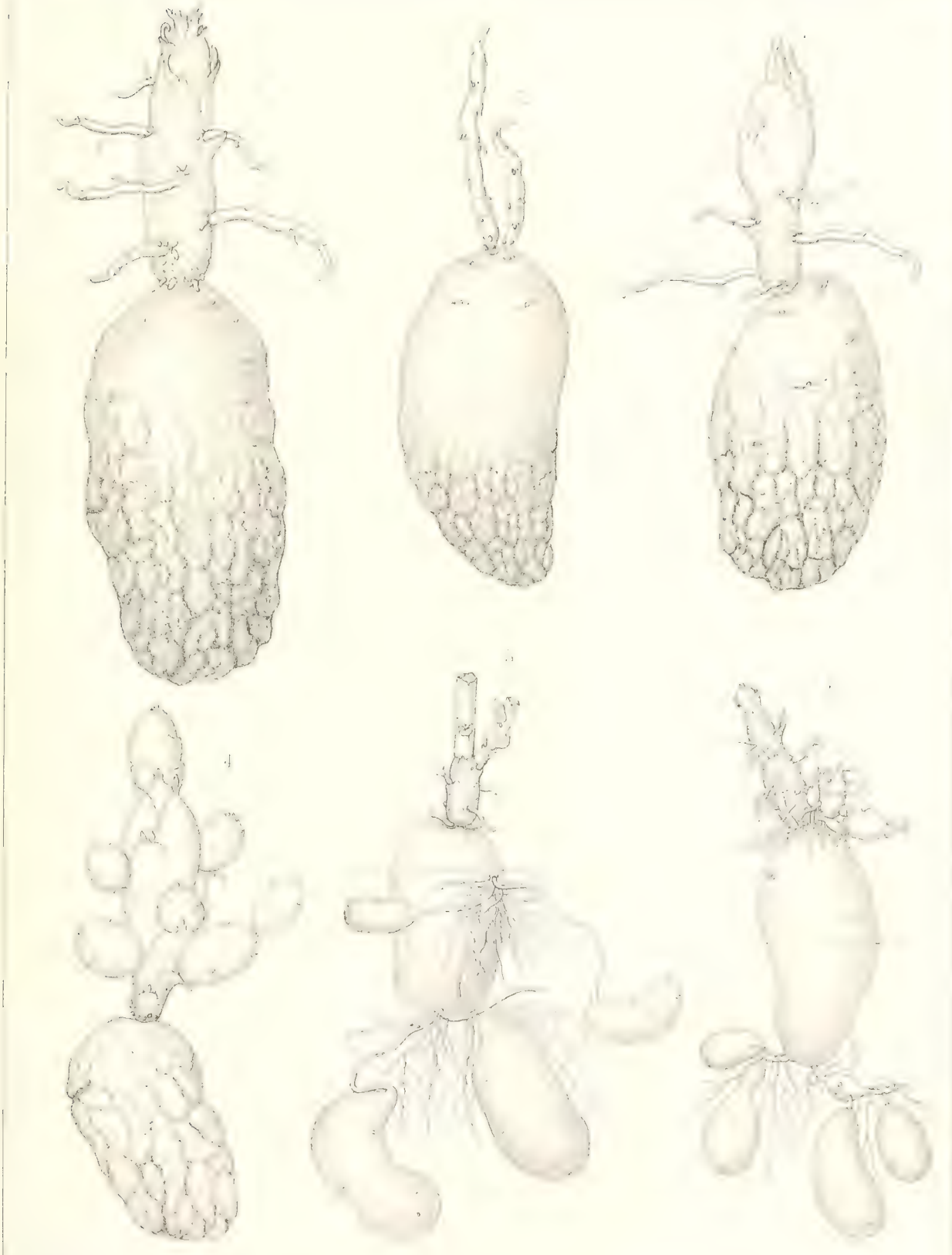
Bot schon das Auftreten dieser Achselknöllchen eine ungewöhnliche Erscheinung dar, so steigerte sich das Interesse an den fraglichen Objecten noch mehr, als die Scheitel ihrer Sprosse selbst in Knollenbildung übergingen. Die so gebildeten Knollen glichen der Gestalt nach den aus den Blattachseln entspringenden und sassen dem sie tragenden Stengeltheile bald mit breiter, bald mit schmaler Basis auf. (Taf. V, Fig. 1—6.) Während nun in einigen Fällen das Wachsthum der Sprosse mit der Bildung dieser Terminal-Knollen beendigt war, begannen in anderen die letzteren sich merkwürdiger Weise von Neuem zu entwickeln und in Laubsprossbildung überzugehen. Die so entstandenen Triebe besassen Internodien von normaler Länge und stattlich entwickelte Laubblätter, in deren Achseln sich wieder Knollen bildeten. (Taf. V, Fig. 1.) Auch die Scheitel dieser Sprosse gestalteten sich später zu Knollen und es waren demnach, wenn man jede Knolle als den Ausgangspunkt einer individuellen Entwickelung betrachten wollte, mehrere Individuen einander aufgesetzt. — Zu dem vorhin Gesagten sei jedoch bemerkt, dass das Scheitelwachsthum einer terminalen Knolle sich gelegentlich auf die Bildung eines Laubblattes beschränken konnte. (Taf. V, Fig. 2.)

Als im Herbst die Zeit des Absterbens der Pflanzen nahte, lösten sich die Knollen an allen Orten von ihren Ursprungsstellen ab. Diejenigen von ihnen, welche schon neue Sprosse gebildet hatten, warfen diese ab, blieben selbst aber erhalten.

Was die Ursache der eben beschriebenen abnormen Knollenbildung anlangt, so vermag ich darüber nichts zu sagen. Anfangs nahm ich an, es sei der Mangel von Knospen an den im Boden be-

findlichen Theilen der Pflanzen, welcher die Entstehung der Knollen über der Erde bedinge. Später beobachtete ich die letztere jedoch auch an Stecklingen, welche im Bereich der Erde Knospen führten, ja in anderen Fällen sogar an älteren Pflanzen, welche mit normalen Knollen versehen waren. Diese Verhältnisse liessen jene Annahme als unzulänglich erscheinen, und ich muss mich daher mit der Beschreibung des Thatbestandes begnügen.

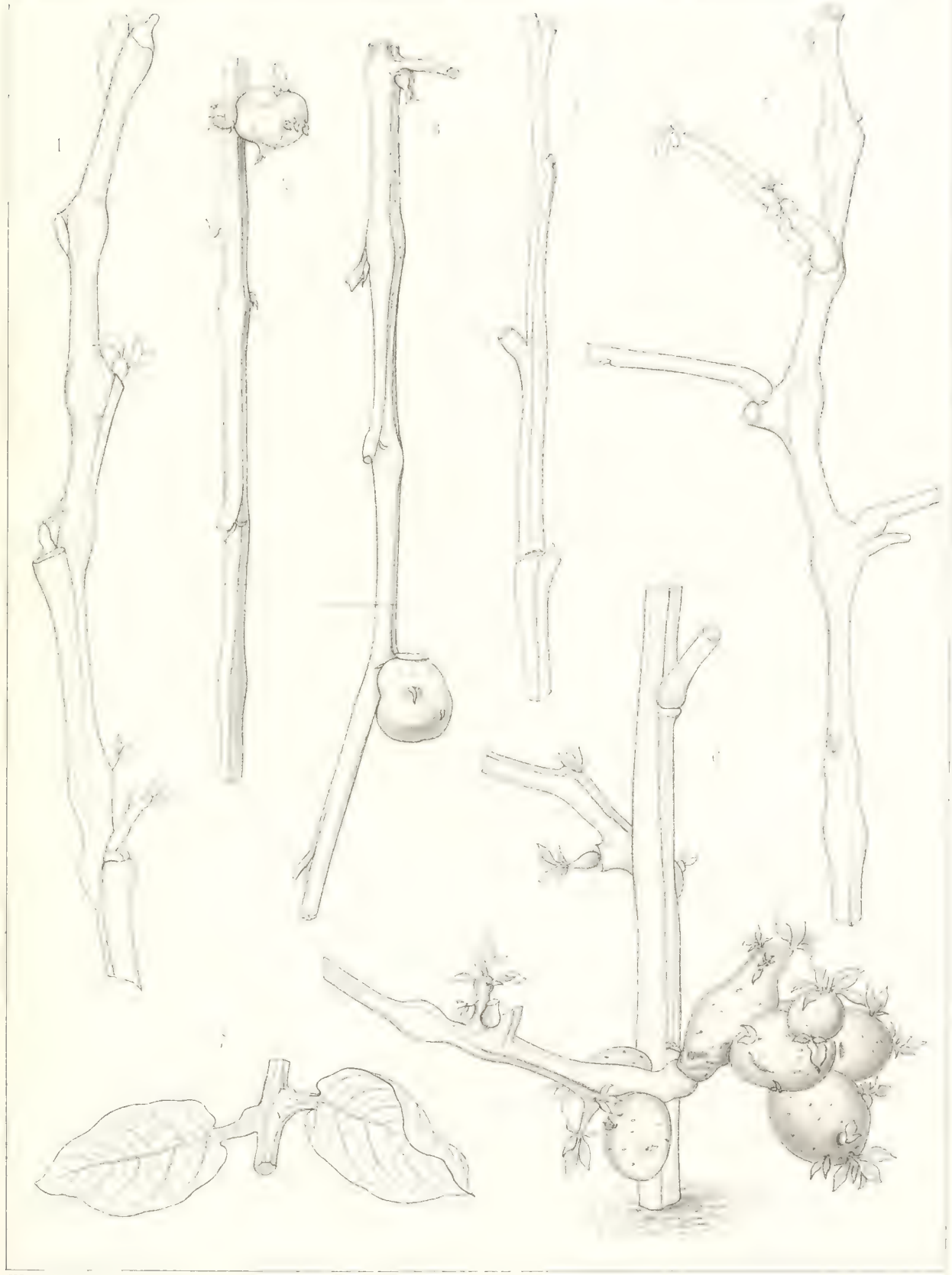
Basel, im April 1886.



H. Vöchting gez.

Artist. Anst. v. Th. Fischer, Cassel

Artist. Anst. v. H. Fischer Cassel



H. Vöchting gez.

Artist. Anst. v. Th. Fischer, Cassel

H. Vöchting gez.

Art. st. Anst. v. Th. Fischer, Cassel

Verlag von **Theodor Fischer** in **Cassel.**

Bibliotheca botanica.

Original-Abhandlungen aus dem Gesammtgebiete der Botanik,

herausgegeben von

Dr. O. Uhlworm und **Dr. F. H. Haenlein** in **Cassel.**

Heft 1. enthält:

Schenck, Dr. H., Vergleichende Anatomie der submersen Gewächse. Mit 10 Tafeln. Preis 32 Mk.

Heft 2. enthält:

Zopf, Dr. W., Botanische Untersuchungen über die Gerbstoff- und Anthocyan-Behälter der Fumariaceen. Mit 3 farbigen Doppeltafeln. Preis 30 Mk.

Heft 3. enthält:

Schiffner Dr. V., Ueber Verbascum-Hybriden und einige neue Bastarde des Verbascum pyramidatum. Mit 2 Tafeln. Preis 4 Mk.

Ferner haben Beiträge in Aussicht gestellt die Herren:

Prof. Dr. **A. B. Frank** in Berlin, Prof. Dr. **L. Kny** in Berlin, Geh. Rath Prof. Dr. **Jul. Kühn** in Halle a/S., Prof. Dr. **Leitgeb** in Graz, Prof. Dr. **F. Ludwig** in Greiz, Prof. Dr. **Reess** in Erlangen, Prof. Dr. **Russow** in Dorpat, Geh. Rath Prof. Dr. **Schenck** in Leipzig.

Die „Bibliotheca botanica" erscheint in Quartformat in zwanglosen Heften mit zahlreichen, zum grossen Theil farbigen Tafeln ausgestattet. — Jedes Heft wird einzeln abgegeben und einzeln berechnet.

Botanisches Centralblatt

Referirendes Organ für das Gesammtgebiet der Botanik des In- u. Auslandes.

Herausgegeben

unter Mitwirkung zahlreicher Gelehrten

von

Dr. Oscar Uhlworm in Cassel und **Dr. W. J. Behrens** in Göttingen.

Zugleich Organ des Botanischen Vereins in München, der Botaniska Sällskapet i Stockholm, der Gesellschaft für Botanik zu Hamburg, der botanischen Section der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur zu Breslau und der Botaniska Sektionen af Naturvetenskapliga Studentsällskapet i Upsala.

Abonnement für den Jahrgang (4 Bände in 52 Nrn.) mit 28 **M.** durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

Druck von Gebr. Gotthelft in Cassel.

BIBLIOTHECA BOTANICA.

Abhandlungen

aus

dem Gesammtgebiete der Botanik.

Herausgegeben

von

Dr. Oscar Uhlworm und **Dr. F. H. Haenlein**

in

Cassel.

(Heft No. 5.)

Dr. Sándor Dietz: Ueber die Entwickelung der Blüthe und Frucht von Sparganium Tourn. und Typha Tourn. — Mit 3 Tafeln.

CASSEL.
Verlag von Theodor Fischer.
1887.

BIBLIOTHECA BOTANICA.

Abhandlungen

aus

dem Gesammtgebiete der Botanik.

Herausgegeben

von

Dr. Oscar Uhlworm und **Dr. F. H. Haenlein**

in

Cassel.

(Heft No. 5.)

Dr. Sándor Dietz: Ueber die Entwickelung der Blüthe uud Frucht von Sparganium Tourn. und Typha Tourn. — Mit 3 Tafeln.

CASSEL.
Verlag von Theodor Fischer.
1887.

Ueber

die Entwickelung der Blüthe und Frucht

von

Sparganium Tourn. und Typha Tourn.

Von

Dr. Sándor Dietz,

Assistent am botanischen Institut der Königl. Ung. Universität Budapest.

Mit drei Tafeln.

Von der Königl. Ung. Naturwissenschaftlichen Gesellschaft mit dem Bugát-Preis gekrönte Preisschrift.

CASSEL.
Verlag von Theodor Fischer.
1887.

Seinem Hochverehrten Lehrer

Herrn Professor Dr. Ludwig Jurányi

in innigster Dankbarkeit

gewidmet

vom Verfasser.

Einleitung.

Die Klassification der Pflanzen auf Grund ihrer natürlichen Verwandschaft. d. h. die Bildung eines natürlichen Systems, macht die anatomische, sowie die entwickelungsgeschichtliche Kenntniss der einzelnen Familien, Gattungen und selbst der Species immer mehr nothwendig.

Zur Annäherung an dieses Ziel wünsche auch ich Einiges beizutragen, indem ich die Ergebnisse meiner Untersuchungen über die Blüthen- und Fruchtentwickelung einiger Arten der zur Familie der *Typhaceae* Jaume St. Hilaire[1]) gerechneten Rohrkolbengewächse *Typha* Tourn. und *Sparganium* Tourn. bekannt mache. Obwohl auch in Europa verbreitet, sind doch die entwickelungsgeschichtlichen und anderen Beziehungen der Arten dieser beiden Gattungen bislang nur unvollkommen bekannt, so dass demzufolge die Ansichten über die Stellung der beiden Gattungen im natürlichen System auseinandergehen.

Abgesehen von einigen mehr oder minder lückenhaften, hauptsächlich morphologischen Beschreibungen[2]) aus dem vorigen Jahrhundert besitzen wir höchstens zwei bis drei kaum brauchbare Mittheilungen.

Die ersten verlässlichen und von exakteren Untersuchungen zeugenden Mittheilungen rühren von L. Claud. Richard und A. Richard[3]) her, deren Arbeiten Dupont und Delile[4]) ergänzten.

Auf diese Angaben fussend, und auch auf die Gattung Sparganium sich ausbreitend, doch von kaum einigermassen genauen Zeichnungen begleitet, erschien im Jahre 1845 Dr. A. Schnizlein's[5]) Werk, hauptsächlich eine ausführliche Beschreibung der äusseren Form der einzelnen Arten und eine Klassifikation derselben innerhalb der Gattungen.

---

[1]) 1805. Pfeiffer, Nomenclator Bot. Vol. II. Pars. alter.

[2]) Carol. Linné, Genera plantarum Viennae 1767. — Pollich, Historia plant. in palatinatu electorali sponte nascent. 1777. — C. Linné, Pflanzensystem, XIV. Ausgabe, XII. Theil, p. 638—48. 1785. — Roth, Tentamen florae Germ. 1789. — Die diesbezügliche Literatur führt ausführlich an: Pfeiffer, Nomenclator Bot. Vol. II. Pars altera. Casselis 1874.

[3]) L. Cl. Richard, Reliquiae Richardianae. Ab Achille Richard. Archives de botanique T. I. 193—197. Paris 1833. — A. Richard. Observations sur la famille de Typhacées. Archiv. de bot. T. I. 197. — A. Richard. Des Endorrhizes ou monocotyledones etc. Ann. de Museum XVI t.

[4]) Dupont. Obvervations sur le Typha. Ann. d. sc. nat. II. ser. T. I. p. 57. 1834. — Delile. Archives de bot. Tom. II. p. 403.

[5]) Dr. A. Schnizlein. Die natürl. Pflanzenfamilie der Typhaceen. Nördlingen 1845.

Von ähnlicher Bedeutung ist Reichenbach's[1]) Werk. Umfangreicher als die bisher erwähnten und ausschliesslich von der Gattung Typha handelnd, enthält die Arbeit von Dr. Ferdinand Schur[2]), hauptsächlich Angaben über die entwickelungsgeschichtlichen Verhältnisse, indessen geht der Verfasser nicht näher auf den Werth und die Entwickelung der einzelnen Organe ein. Dies thut theilweise Payer[3]) in seiner verdienstvollen Arbeit.

Ueber die Entwickelungsvorgänge bei Typha ist das meiste Rohrbach[4]) zu verdanken, dessen Mittheilungen auf die Entwickelung der Blüthen der Typha, insbesondere auf die Entstehung der Staubblätter und des Perigon der weibl. Blüthe etc. neues Licht warfen. Rohrbach veröffentlichte nur die Hauptpunkte seiner Ergebnisse, das Endresultat seiner Arbeiten gedachte er zusammen mit den auf Sparganium sich beziehenden Untersuchungen später herauszugeben. Leider verhinderte dies sein früher Tod.[5])

Von grosser Bedeutung ist auch Hegelmaier's[6]) Abhandlung über die Entwickelung des Keimes und Bildung des Samendeckels von Sparganium.

Auf Grund der bisher angeführten literarischen Daten stellte Eichler[7]) in seinem Werke unsere Kenntnisse von Typha und Sparganium zusammen. Neuerdings befasste sich auch Čelakovsky[8]) mit dieser Frage; er bestreitet die Richtigkeit der Resultate neuerer Untersuchungen und schliesst sich den älteren Ansichten an. Auch veröffentlichte noch Engler[9]) die Hauptergebnisse seiner die Frage betreffenden und demnächst zu erscheinenden Abhandlung.

Wenn ich schliesslich Ungers[10]) Abhandlung über die Typha der Vorwelt erwähne und die verschiedenen grösseren Werke über systematische Botanik, soweit sie die Rohrkolbengewächse behandeln, an den betreffenden Stellen anführe, glaube ich die Literatur über die Rohrholben-Gewächse völlig erschöpft zu haben[11]).

Unter Zugrundelegung der erwähnten Literatur begann ich meine Untersuchungen, wobei ich mich ausser mit der Beschreibung der Blüthenorgane hauptsächlich mit den entwickelungsgeschichtlichen Vorgängen der Gattungen Typha und Sparganium befasste. Auch über die Entwickelung und Anatomie der Vege-

[1]) Lud. Reichenbach. Icones florae Germ. et Helv. Vol. IX. Typhaceae etc. p. 1—3. t. 319—26. 1847.

[2]) Dr. Ferd. Schur. Beiträge zur Kenntniss der Entwickelungsgeschichte der Gattung Typha. Verh. u. Mittheil. des siebenbürg. Vereins f. Naturwiss. zu Hermannstadt. 1854 pp. 177—195. 209—214.

[3]) J. B. Payer. Traité d'organogénie comparée de la fleur. Paris 1857. pag. 691. Pl. 139.

[4]) Dr. P. Rohrbach. Ueber d. europ. Arten d. Gattung Typha (Verhandl. d. bot. Vereins f. d. Prov. Brandenburg, XI. Jahrg. 67—104. Berlin 1869); — Ueber d. Blüthenentwickelung v. Typha (Sitzungsb. d. Ges. naturf. Freunde. Berlin 1869.) Bot. Zeit. 1869. p. 859. — Die Samenknospe der Typhaceen. Bot. Zeit. 1869. p. 479.

[5]) Im Jahre 1871. Bot. Zeit. XXIX. Jahrg. S. 475.

[6]) F. Hegelmaier. Zur Entwickelung monocotyl. Keime nebst Bemerkung ü. d. Bild. d. Samendeckel. Bot. Zeit. 1874. pp. 631—39; 648—56.

[7]) Dr. A. W. Eichler. Blüthendiagramme I. Th. Leipzig 1875. p. 111.

[8]) Dr. L. Čelakovsky. Ueber die Inflorescenz v. Typha. Flora. 1885. Nr. 35. pp. 618—30.

[9]) Bot. Centralblatt 1886. Bd. XXV. pag. 127.

[10]) F. Unger. Ueber Lieschkolben (Typha) der Vorwelt. Sitz.-Ber. d. K. Akad. d. Wiss. 1870.

[11]) St. Endlicher. Genera plantarum Vindobonae 1836—40. — C. S. Kunth. Enum. plant. Tom. III. Stuttgardiae 1841. pp. 88—92. — G. Bentham et J. D. Hooker. Genera plant. Vol. III. Pars. II. Londoni 1883. pp. 954—55. — Dr. Chr. Luerssen. Handb. d. syst. Bot. Leipzig 1882. p. 303.

tations-Organe stellte ich Untersuchungen an, deren Ergebnisse ich jedoch erst später zu veröffentlichen gedenke.

Zu meinen Untersuchungen benutzte ich die hier zu Lande meist verbreiteten und leicht zugänglichen Arten, namentlich: Typha angustifolia L. und Typha latifolia L., weiterhin Sparganium ramosum Houds., welche übrigens die typischen Vertreter der erwähnten Arten sind.

Die Untersuchungen geschahen im botanischen Institute der königl. ungarischen Universität Budapest, dessen Vorstand Dr. Ludwig Jurányi mir mit freundlichen Rathschlägen beistand und mir die zu den Untersuchungen nöthigen Apparate zur Verfügung stellte, wofür ich ihm auch an dieser Stelle meinen tiefsten Dank ausspreche.

Erster Theil.

Die Blüthenorgane der Gattung Typha Tourn. und deren Abkömmlinge.

1. Das Verhalten des Axentheils vor und während der Blüthezeit.

Bekanntlich gehören die Arten der Gattung Typha [1]) in jene Reihe monocotyledoner Wasserpflanzen, welche Rhizome und einen oberirdischen Stamm besitzen. Beide besitzen sie jedoch nur in einem gewissen Stadium ihrer Entwickelung, da das dem Samen entkeimte junge Pflänzchen erst nach seiner Kräftigung und weiterer Entwickelung in den Achseln der Blätter Knospen erzeugt, aus denen darauf die Axen des Wurzelstockes entstehen. Die Achsentheile des aus dem Samen entstehenden Pflänzchens, sowie auch die aus den, am Rhizom auftretenden Knospen sich entwickelnden Laubblätter tragenden Triebe strecken sich im ersten Jahre sehr wenig, dafür verdicken sie sich ziemlich bedeutend. Aus ihren unteren Theilen gehen zahlreiche Nebenwurzeln hervor, die oberen Theile bedecken mit ihren Scheiden den Stamm umfassende, lange Spreiten tragende Laubblätter; diese sitzen auf Knoten, welche von einander durch sehr kurze, kaum 0,5—2 mm hohe Glieder getrennt werden. Der Stamm ist gegen die Spitze hin verjüngt und mehr oder weniger gewölbt, inmitten der Spitze befindet sich der Vegetationskegel; derselbe ist vor dem Blühen wenig gewölbt, sein Boden ellipsenförmig.

In diesem Zustande verbleibt die Pflanze bis zum Vorfrühlinge des folgenden Jahres; nur sehr selten blüht der aus dem Wurzelstock entstandene Trieb noch in demselben Jahre. Das aus dem Samen entkeimte Pflänzchen blüht niemals im Jahre der Keimung, mir wenigstens wurde ein solcher Fall nicht bekannt, wohingegen ich Fälle weiss, in welchen das Pflänzchen erst im dritten Jahre nach seinem Aufkeimen blühte.

Im Monat März oder April des zweiten Jahres lassen sich an den zum Blühen übergehenden Individuen Veränderungen wahrnehmen. Der Zeitpunkt der beginnenden Entwickelung lässt sich allgemein schwer bestimmen, weil er von den Witterungseinflüssen des Winters und des Frühlings und dann auch vom Boden abhängig ist, namentlich geht die Entwickelung an feuchten Plätzen, noch mehr im Wasser, rascher vor sich, wohingegen sie in trockenem Boden um 3—5 Wochen später beginnt.

Die erste Veränderung der Individuen bei beginnender Blüthe besteht darin, dass sie früher als die steril bleibenden Individuen Laubblätter treiben und zugleich ihre Vegetationskegel wölben, wiewohl

[1]) Die allgemeinen Erörterungen beziehen sich auf Typha latifolia, abweichende Verhältnisse sind besonders hervorgehoben.

diese auch fernerhin eine gedrückte Form behält. Nach einer gewissen Zeit nehmen die an der Vegetationsspitze der blühenden Individuen erscheinenden Blätter eine von den gewöhnlichen Laubblättern verschiedene Form an, indem die neuen Blätter mehr und mehr zweispitzig werden, das heisst an der Spitze ausgerandet sind.

Da wir diesen Zeitpunkt als den allein richtigen für den Beginn der Blüthenstands-Entwickelung anzunehmen gezwungen sind, müssen wir auch Rohrbachs [1]) diesbezügliche Ansicht theilen, dass die Pflanze am Anfange der Blüthenstands-Entwickelung schon zahlreiche, aus dem Wasser sich erhebende Laubblätter besitzt. Uebrigens sind die blühenden Individuen bei einiger Uebung leicht aufzufinden, da sie entwickeltere Blätter besitzen und ihr Laub an dem die scheidenbildenden Theile dicker ist als das der im nächsten Jahre blühenden. Gemeinschaftlich mit der Wölbung des Vegetationskegels gehen auch am Stamme Veränderungen vor sich, da ein Theil der vorjährig gebildeten höchsten Glieder sich mehr oder weniger dehnt. Die Wachsthums Verhältnisse in den Verlängerungen dieser und in denen der neugebildeten diesjährigen Glieder zeigen eine gewisse Regelmässigkeit, deren mit einigen Worten zu gedenken ich für nothwendig erachte.

Die diesjährigen Glieder wachsen schnell und verrathen so schon zum Voraus, dass sie zu den verlängerten Gliedern der Blüthenstandsstiel-Glieder gehören. Da die Streckung der Glieder derartig vor sich geht, dass das bestehende Verhältniss zwischen den einzelnen Gliedern der schon entwickelten Blüthenstandsstiele nahezu nicht geändert wird, so halte ich es für zweckmässig, die Längenbeziehungen der Stielglieder an solchen Individuen zu demonstriren, welche jene in schon vollkommener Entwickelung zeigen.

Die vorjährigen Glieder, die eine mit dem untersten Theile des Stammes nahezu übereinstimmende Dicke haben, verlängeren sich nach ihrer Höhenanordnung. Die Dicke der darüber stehenden Glieder ist schon geringer, ihre Verlängerung dafür eine vielfach grössere. Eigenthümlich genug erscheint die Thatsache, dass das unterste diesjährige Glied eine bedeutendere Verlängerung besitzt, als die unter ihm liegenden vorjährigen Glieder. Das am stärksten verlängerte Glied ist eigentlich das unterste Glied des Blüthenstandstieles, weil es schon in diesem Jahre gebildet worden und seine Blätter schon ausgerandet sind. Ueber den sich allmählich verkürzenden und verdünnenden Gliedern steht ein längeres Glied; das höchste Glied des Stiels, auf welches dann die mit Blüthen besetzten Glieder folgen; gleichfalls der Höhe entsprechend lang, d. h. als längstes das unterste, der weibliche Blüthenstand, die darüber stehenden männlichen Blüthenstandsglieder verkürzen sich allmählich, bis das oberste zugleich das kürzeste wird. Bemerkenswerth ist, dass, sobald die Glieder des Stieles und die darüber stehenden Blüthenstandsglieder einmal gebildet sind, kein Stielglied mehr entsteht; hingegen entwickeln sich Glieder des männlichen Blüthenstandes selbst dann noch, wenn die Höcker der männlichen Blüthe am untersten Blüthenstandsgliede schon aufgetreten sind. Was die Anzahl der Glieder betrifft, so zeigen sich bei den verschiedenen Individuen grosse Abweichungen, insbesondere pflegt die Zahl der vorjährig gebildeten, nun stärker verlängerten Glieder, weiterhin die Zahl der unter dem höchsten Gliede des Blüthenstandsstieles befindlichen und erst später sich verlängernden Glieder zu variiren. Die Gasammtzahl der Glieder schwankt zwischen 8 und 15, ungerechnet die eigentlichen Blüthenstands-Glieder. Die Verringerung des Stammumfanges geht ebenfalls ganz regelrecht vor sich; der Diameter des untersten Gliedes des Blüthen-

[1]) Ueber die europ. Arten der Gatt. Typha. p. 68.

standsstieles beträgt ungefähr 2,30 cm., das oberste Glied pflegt einen Durchmesser von 0,60 cm. zu haben.

Unter den erwähnten Wachsthumserscheinungen lenken unsere Aufmerksamkeit auf sich die zu unterst gelegenen und wenig verlängerten, dann die diesjährigen stark verlängerten Glieder, und in erhöhtem Maasse das oberste am meisten verlängerte Stielglied, welches an Länge den unter ihm liegenden 4—5 Gliedern gleich kommt und somit Verhältnisse zeigt, welche bis zu einem gewissen Grade an den Stengel der Cyperaceen erinnern. [1])

Die Verlängerung dieser Stielglieder geschieht in ein und derselben Zeit nicht gleichförmig; es besteht nämlich auch hierin eine gewisse Regelmässigkeit. Vor der Entwickelung der Blüthenorgane wachsen die Glieder des Blüthenstandes rascher [2]) als die oberen Stielglieder, später wieder strecken sich die Stielglieder in grösserem Maasse, so dass nach der Bildung der Staubblätter der männlichen Blüthen der mit Hüllblättern gedeckte Blüthenstand aus den Scheiden der Laubblätter hervordringt. Beim Herannahen der Blüthezeit verlängern sich die unteren Glieder langsamer, dafür sind die oberen, insbesondere das oberste Glied, in ihrer Entwickelung rascher, letzteres gewinnt eine 5—6 fach grössere Länge als das zunächst unter ihm liegende Glied, so dass sich der Blüthenstand bei beginnendem Blühen ziemlich schnell beinahe bis zur Höhe der Blattspitzen, ja noch höher, erhebt. Die Streckung des Blüthenstandsstieles dauert bis zum Schlusse des Blühens, also ungefähr bis Ende Juni.

Wie ich schon vorhin erwähnte, lassen sich die Glieder des Blüthenstandes schon sehr früh erkennen, weil das weibliche Blüthenstandsglied am Anfang der Entwickelung bei weitem länger ist als das oberste Stielglied, also die oberhalb des Letzteren liegenden sämmtlich die eigentlichen Blüthenstandsglieder bilden.

Die Längenverhältnisse der Blüthenstandsglieder sind schon sehr früh erkenntlich, da sie später dieselben bleiben: der weibliche Blüthenstand ist der längste und unterste, das unterste männliche Blüthenstandsglied kommt ihm an Länge nahe, wohingegen die oberständigen sich allmählich verkürzen. Die Verlängerung der Blüthenstandsglieder dauert bis zur Zeit des Blühens; verhältnissmässig am stärksten ist sie vor und bei dem Auftreten der Blüthenhöcker und später bei der völligen Entwickelung der Blüthenorgane. Sie dauert bis zum Blühen, wo die Glieder des männlichen Blüthenstandes ihre Verlängerung einstellen, respective bei der beginnenden Reife des Samens, wenn die Gliederverlängerung des weiblichen Blüthenstandes aufhört. Bemerkenswerth scheint es mir, dass die Verlängerung der Glieder, nach dem Auftreten der Höcker, respective nach Bildung der Blüthen-Organe eine sehr geringe ist. Eigenthümlich ist es, dass die gesammten Glieder des Blüthenstandes eine Länge von ungefähr 3—5 cm. erreichen, bevor noch die Höcker zu erscheinen begonnen haben; übrigens pflegt die Zahl der Blüthenstandsglieder zwischen 4, 8 bis 10 zu variiren, wovon 1, selten 2 weiblich sind.

Der Umkreis der Blüthenaxe verändert sich auch viel im Laufe des Wachsthums und zwar der weibliche Theil des Blüthenstandes mehr als der männliche; der männliche Blüthenstandtheil behält nämlich lebenslang eine, mehr oder minder abgeplattete Form, in Folge des Druckes, den die beim Anfange der Entwickelung zweireihig stehenden Blätter beständig auf sie ausüben; nach dem Aufhören

[1]) Daher sagen einige Verfasser beschreibender botanischer Werke, dass bei Thypha ein „caulis enodus“ sei; z. B. Kunth. Enum. plant. III. p. 88.

[2]) Anfangs verlängeren sich die Stielglieder stärker als die Glieder des Blüthenstandes.

des Druckes ist auch das Verdickungs-Vermögen verschwunden. Sobald der Druck allmählich nachlässt, wölbt sich die Abplattung etwas, ist aber im Querschnitte selbst nach dem Blühen eine platte Ellipse. Bei den Gliedern des weiblichen Blüthenstandes gehen grössere Veränderungen vor sich, wiewohl auch hier der Querschnitt, so lange das Glied einem grösseren Drucke ausgesetzt ist, eine flach elliptische Form aufweist. Mit dem Schwinden des Druckes — was bei weiter nach unten liegenden weiblichen Blüthenständen später eintritt, als bei den männlichen — gestaltet sich der Stamm cylindrisch. Dem Drucke liesse sich zuschreiben, dass einestheils die Höcker der weiblichen Blüthen später auftreten und zwar dem von oben nach unten zu nachlassenden Drucke folgend in einer Anordnung, welche derjenigen der männlichen Blüthenhöcker entgegengesetzt ist; anderentheils dass ihre Zellen das Theilungsvermögen, welches in Folge des Druckes lange zur Ruhe gezwungen war, sehr lange bewahren. Die weibliche Blüthenstandsaxe behält ihre nach dem Drucke angenommene Gestalt lebenslang, doch erreicht sie niemals einen bedeutenden Umfang, und ihr Durchmesser ist kaum grösser als der mittlere Durchmesser der männlichen Blüthenstandsaxe. Auffallend ist es, dass der Stiel schon in der ersten Zeit seiner Entwickelung eine cylindrische Form besitzt, dies ist wahrscheinlich dem geringeren Drucke in dem unteren Theile zuzumessen, da die Blätter hier schon an ihrer Basis einen grösseren Umfang angenommen haben. Nebenbei erwähne ich, dass in den Blattachseln des Stammes und des Blüthenstandstieles Knospen [1]) erscheinen, welche bei ersterem zu Rhizomen sich entwickeln, wie schon oben erwähnt wurde, bei letzterem dagegen nur sehr unvollkommen entwickelt sind und nur als kaum bemerkbare kleine Höcker sichtbar werden.

Aus den Bisherigen ist zu ersehen, dass sowohl die Glieder des Blüthenstandstieles, als auch diejenigen des Blüthenstandes eine gewisse Regelmässigkeit im Wachsthume besitzen, dass weiterhin die Glieder schon sehr frühe ihre zukünftigen Eigenschaften verrathen und schliesslich die Dauer ihres Wachsthums durch die Entwickelung der Blüthen, respektive durch die Reife der Frucht begränzt ist.

2. Die männliche Blüthe und der männliche Blüthenstand.

Von den Organen der Gattung Typha, welche die Veranlassung zu vielen Streitigkeiten gaben, waren es besonders die männlichen Blüthen, deren Entwickelungsverlauf mehrere Interpretationen zuliess.

Unter den oberwähnten Gliedern sind es die über den weiblichen Blüthenstand stehenden, auf welchen sich die männlichen Blüthen bilden. Mit der Bildung der Glieder treten auch die Hüllblätter auf und je höher sie stehen, desto kleiner und unvollständiger sind sie, so dass die obersten bei ihrer Entwickelung gleichsam als Spitzen der weiter nach unten liegenden erscheinen, d. h. sie bestehen nur aus zwei kleinen Blättchen, in Bezug auf welche ich mich ganz den Erörterungen Göbel's anschliesse. [2]) Das Auftreten der letzt erwähnten Hüllblätter erfolgt nur dann, wenn am unteren Theile des männlichen Blüthenstandes schon die Höcker zu erscheinen begonnen haben; mit dem Auftreten dieser Blättchen hört dann auch die Bildung neuer Glieder auf, was so ungefähr 3—4 Wochen nach der beginnenden Bildung der Blüthenstandsaxe erfolgt. Der weitaus grösste Theil der jungen Blüthenstandsaxe ist somit 1—2 Wochen lang

[1]) Thilo Irmisch. Zur Morphologie der monocotyl. Knollen und Zwiebelgewächse S. 175.

[2]) K. Göbel. Beiträge zur Morphologie u. Phys. d. Blattes. Bot. Zeit. XL. Jahrg. S. 394.

ohne Höcker.[1]) Die Höcker der männlichen Blüthe erscheinen zuerst am untersten Gliede und schreiten auf die Spitze des Stammes zu, also in akropetaler Reihenfolge; und zwar derartig, dass in einer Zonenhöhe des Blüthenstandes mehrere Höcker zugleich auftreten.[2]) Die in den einzelnen Zonen bleibenden Lücken werden später durch kleinere Höcker ausgefüllt, welche an Grösse und Gestalt von den vorhergehenden abweichen; jene sind die Blüthenhöcker, diese die Trichomenhöcker.

Die Blüthenhöcker haben eine mehr oder weniger kreisförmige Basis und bilden einen kaum wahrnehmbaren platten Kegel (Taf. I, Fig. 4). Sobald die Blüthenhöcker eine gewisse Höhe erreicht haben und in ihrer Grundfläche etwas breiter geworden sind, beginnen sie sich zu verbreitern. Ihre übrigen, schon zu Anfang stumpfen Spitzen verflachen gänzlich, so dass die Höcker jetzt das Aussehen einer platten Scheibe bekommen (Taf. I. Fig. 4). Einige von den inneren Zellen der Blüthenhöcker; insbesondere diejenigen, welche an dem oberen Rande der Scheibe liegen, theilen sich auch weiterhin lebhaft, in Folge dessen die Peripherie der Scheibe an einzelnen Punkten sich zu erheben beginnt und ein gelapptes Aussehen bekommt (Taf. I. Fig. 5 und 6).

Mit der Bildung der Höckerlappen wird natürlich die scheibenartige Form an ihren Rändern immer breiter, die Bodenfläche hingegen behält ihre ursprüngliche Dicke bei, wodurch sie den Rändern gegenüber schmäler erscheint (Taf. I. Fig. 7 und 8). Von hier ab lässt sich am Höcker zweierlei Wachsthum unterscheiden, es wachsen nämlich die an dem Höcker aufgetretenen 2, 3 bis 4 Lappen und ferner, diese erhebend, der ursprüngliche Höcker, indem er seine sehr zusammengepresste Spitze emporhebt. Die neugebildeten Lappen vergrössern, verlängern und verbreitern sich fortfährend durch die ihrer Spitze naheliegenden Zellen. Die Richtung ihres Wachsthums bildet mit der Mittellinie des ursprünglichen Höckers oder der Scheibe einen Winkel von ungefähr 45^0, so dass die tiefsten Punkte der durch die einzelnen Blüthenhöcker erzeugten Gebilde mit ihrem Mittelpunkte zusammenfallen und die um denselben sich gruppirenden Lappenspitzen die höchsten Punkte bilden (Taf. I. Fig. 7 und 9). So lange die Lappen nicht eine gewisse Grösse erlangen, zeigen sie keine erheblicheren Veränderungen; haben sie aber diese erreicht, so verändert sich auch ihre Form, d. i. sie differenziren sich in Staubbeutel und Staubfäden und in ihrem oberen grösseren Theile geht die bisher cylindrische Form in eine kanalartige über (Taf. I. Fig. 13). Beiläufig haben die Haare des Blüthenbodens in diesem Entwickelungsstadium noch nicht die Länge der Blüthengebilde erreicht (Taf. I. Fig. 5). Von dieser Zeit an beginnt die Bildung der Urmutterzellen der Pollenkörnchen, des Archespor und zwar auf der oberen und unteren Fläche des Staubbeutels.[3]) Die bei der Gestaltung des Archespor auftretenden Processe verlaufen auch hier in der allgemein bekannter Weise; allein mit diesen Processen zugleich ändert sich allmählich die kanalförmige Gestalt des Staubbeutels und wird viereckig. In jeder Ecke ist ein Pollenfach mit konvexer Wand. Die vier Fächer aber sind von aussen durch 2 oder 4 den Staubbeutel ganz durchlaufende Kanäle von einander getrennt. Die auf den Spitzen der Staubbeutel befindlichen Zellen vergrössern und wölben sich, wodurch jene Spitzen etwas breiter werden (Taf. I. Fig. 13 und 12). Diese Verbreiterungen berühren einander und bilden eine geschlossene Fläche. Jetzt beginnt auch das bei seinem Auftreten

[1]) Rohrbach. Bot. Zeit. 1869 S. 860. Göbel l. c. S. 401.

[2]) Rohrbach l. c. S. 68. Göbel l. c. S. 401.

[3]) Engler. Dr. A. Beiträge zur Kenntniss der Antheren-Bildung der Metaspermen. Pringsheim. Dr. N. Jhrb. d. wiss. Bot. Bd. X, S. 302—303.

am gemeinsamen Höcker bezeichnete Filamentgebilde sich zu strecken und die zu dieser Zeit vor sich gehenden verschiedenartigen Wachsthumsvorgänge bringen es mit sich, dass die Filamente in der ausgebildeten Blüthe in verschiedenen Höhen befestigt sind.

Doch gleichzeitig erreichen und überragen jetzt die Trichome die Staubbeutel an Länge. Die Blüthenstandsaxe aber erhält ihre definitive Gestalt.

Unmittelbar vor dem Zerfallen der Pollenmutterzellen besteht der Staubbeutel aus folgenden Theilen: aus der Epidermis, der Faserschicht, aus einer aus mehr oder weniger platten und gestreckten Zellen bestehenden Zellenschicht, d. h. aus der Tapetenschicht und aus den Mutterzellen der Pollenkörnchen. Ausserdem kann man zwischen den Fächern des Staubbeutels noch das Connectivum unterscheiden. In solchem Zustande verbleibt der Staubbeutel bis zur Blüthezeit, wo der männl. Blüthenstand sich zugleich aus den Scheiden der unteren Blätter des Stieles hervorhebt. Jetzt zerfallen die Tapeten Zellenschichten und die Pollenmutterzellen trennen sich von einander, die schon begonnene Theilung vollendend, allein derartig, dass die Pollenkörnchen nicht von einander getrennt werden, jedoch die vier Pollen als Pollentetraden hervorgehen. Bei anderen Arten z. B. bei T. angustifolia, trennen sich die Pollenkörnchen noch innerhalb der Mutterzellenwand von einander. Nach Beendigung dieser Theilungen vollziehen sich in der den Staubbeutel bildenden Faserschicht Aenderungen, insofern darin plötzlich eigenthümliche schraubenförmige Verdickungen auftreten und zwar so, dass die in den einzelnen Zellen auftretenden schraubenförmigen Streifen längst der Zellenschicht ein Ganzes zu bilden scheinen. Die in solcher Weise verdickten Zellen befinden sich jedoch nur an der Aussenseite des Staubbeutels zu einer Reihe geordnet; wogegen sie nach der Seite des Connektivs zwei einander bedeckende Zellenreihen bilden. Diese sind bei der Sprengung des Staubbeutels von Bedeutung.

Die Zellen des Connektivs sind wenig gestreckt und säulenförmig, sie umringen das schon früh auftretende Fibrovasalgefäss, welches in jedes Staubblatt getrennt aus den nicht tief in der Blüthenstandsaxe gebildeten Gefässbündel-Knoten eintritt und sich zu irgend einem oder mehreren anderen Gefässen der Axe gesellt.

Die Gefässe erheben sich im Staubbeutel etwas höher als die Pollenfächer und endigen zwischen den unter dem Scheitel des Connectivum liegenden Zellen. Von den das Gefäss umgebenden Zellen vergrössern sich einige und enthalten nach ihrer Vergrösserung Raphiden. (Taf. I, Fig. 12.) Diese Zellen übertreffen die anderen bei weitem an Grösse, sie sind zwei- bis dreimal länger und enthalten einige oder ganze Bündel von Raphiden. Die Raphiden treten sehr früh auf, noch vor Bildung der Gefässe und Pollenmutterzellen, ihre Zahl wächst von unten nach oben hin, sie breiten sich unter dem Scheitel fächerartig aus. (Taf. I, Fig. 12.) Die Raphiden bestehen, laut mikrochemischer Untersuchung, aus oxalsaurem Kalk; ihr Vorkommen widerlegt De Bary's[1]) Behauptung, nach welcher bei Typha keine Krystalle vorkommen und bestätigt zugleich die berichtigende Untersuchung von Paschkewitsch.[2]) Die über den Staubbeuteln befindlichen Anschwellungen des Connectivs lassen sich schon bei sehr jungen Staubbeuteln wahrnehmen, ihre Zellen sind radial gesteckt und an ihren Aussenwänden etwas

[1]) Vergl. Anatomie d. Vegetationsorgane. Leipzig 1877. S. 149.

[2]) Bot. Zeit. 1882. pag. 26.

gewölbt. Während die Farbe der Staubbeutelwände gelblich ist, besitzt die Verlängerung des Connectivs der Staubbeutelscheitel von dem in den Zellen befindlichen Chlorophyll eine grünliche Farbe. In diesem Entwickelungsstadium des männlichen Blüthenstandes fallen die Deckblätter ab, auch hört jetzt die Verlängerung der einzelnen Internodien auf.

Die dicht an einander gedrängten Staubbeutelscheitel bilden noch immer einen geschlossenen Cylinder, d. h. die Staubbeutel sind an einander gepresst und mit ihren vier Ecken und Furchen in einander gekeilt. Um bei der jetzt eintretenden Blüthezeit aus den dichten Reihen frei zu kommen, strecken sich die einzelnen, 1—4 Staubblätter tragenden Blüthenstiele und erheben auch die Höckerspitze der ursprünglichen männlichen Blüthe.[1]) Mit der Entwickelung dieses gemeinsamen Stieles wird zugleich das gegenseitige Verhalten der Antheren bestimmt und ist es nicht nöthig, jedes Staubblatt für eine besondere Blüthe zu halten, wie dies Schur[2]) behauptet, wiewohl es auch Blüthen mit nur einer Anthere giebt. (Taf. I, Fig. 12.) Doch auch in Folge des wechselseitigen Druckes und der verschiedenartigen Streckungen lässt sich die Stellung der Staubblätter in den einzelnen Blüthen nicht mit Gewissheit bestimmen. Die Streckung des gemeinsamen Stieles dauert bis zur Befreiung der Staubblätter aus den dichtgedrängten Reihen; interessant ist es, dass diese Streckung gruppenweise zu erfolgen pflegt. Der Blüthenstand ist glänzend grün und von den befreiten Antheren gelblich gefleckt; somit können wir auch den Blüthenstand auf Grund der Untersuchungen von Johow[3]), als Schauapparat betrachten. Gewöhnlich folgen die Gruppen einander in akropetaler Reihe, doch öfters zeigen sich inmitten oder an der Spitze des Blüthenstandes Anfänge der Streckung, wie dies schon Göbel[4]) erkannte, obwohl ich das Erscheinen der Höcker in solcher Reihenfolge nicht gesehen habe. Bei der Streckung öffnen sich auch die Antheren, was durch eine Längsspalte geschieht; es trennt sich nämlich der gegen das Innere des Faches liegende Theil der Faserschicht sowohl vom Gewebe des Connectivs, als auch von der äusseren Begrenzung der Faserschicht dergestalt, dass zwei Fächer in einander münden, und zwar, soweit eine Bestimmung möglich war, mehr nach der Seite, als nach aussen.[5])

Die ausgebildeten Blüthen sitzen auf Stielen, welche $1^1/_2$- oder 2mal länger sind, als die Antheren; auf den Stielen wieder stehen in gleicher oder in verschiedener Höhe gewöhnlich 3, doch nicht selten 1 bis 5 Antheren. Die Staubblätter treten oftmals aus schon erwähnten und noch zu erwähnenden Ursachen an verschiedenen Höhen des Stieles auf. Solche Gründe sind: dass beim Entstehen der einzelnen männlichen Organe die Staubblatthöcker nicht in einer 120gradigen, regelmässigen Entfernung stehen; weiter: dass bei der Streckung des Stieles dieser an einzelnen Stellen sein Wachsthum unterbricht. In den männlichen Blüthen finden wir nicht einmal die Spur eines Fruchtknotens. Die Ausstreuung der Pollenkörnchen dauert ziemlich lange, so dass sie oft noch bei der vollständigen Entwickelung der weiblichen Blüthen stattfindet und diese noch von den Pollenkörnchen ein und desselben Individiums bestäubt werden können. Sobald die männlichen Blüthen ihre Pollenkörnchen verstreut haben, verliert der Blüthen-

[1]) Schmizleins entgegengesetzte Behauptung l. c. S. 7 kann ich nicht bestätigen.

[2]) l. c. S. 193.

[3]) Johow, Zur Biologie d. floralen u. extrafloralen Schau-Apparate. Jahrb. d. k. bot. Gartens u. bot. Museums in Berlin. Bd. III, S. 57.

[4]) l. c. S. 401.

[5]) Hoocker et Bentham l. c. S. 955.

stand seine Dichtigkeit; die Blüthen hängen an dem schwachen Stiele herab und verwelken schliesslich, hängen noch einige Zeit lang an der Blüthenstandsaxe und fallen endlich ab, die kahle Axe zurücklassend, welche eine nach oben hin verengte, im Querschnitte mehr oder minder scharfrandige, gewölbte Ellipsenform besitzt. Die Stellen der abgefallenen Deckblätter sind auch jetzt noch sichtbar, auch lässt sich noch erkennen, dass das Ende des Blüthenstandes mit männlichen Blüthen bedeckt war.

Wie ich schon erwähnte, variirt die Zahl der zu einer Blüthe gehörenden Staubblätter zwischen 1 und 4, selbst 5 kommen vor. Am häufigsten ist die Zahl 3 so, dass Abweichungen von derselben als regelwidrig angenommen werden können. Dass sich dies häufig genug vorfindet, rührt daher, dass die auf den jungen Blüthenhöckern auftretenden Staubblatthöcker am Beginne ihrer Entwickelung, in Folge der gedrängten Stellung der Höcker, sehr dem Drucke ausgesetzt sind, dadurch kommt eine Blüthe mit zwei Staubblättern zu Stande. Dagegen entwickelt sich eine Blüthe mit 4 Staubblättern insbesondere, wenn beim Auftreten der Beutelhöcker das Internodium in lebhafter Streckung sich befindet und für die Ausbildung der Lappen freier Raum vorhanden ist; 5 oder mehr staubblättrige Blüthen fand ich im Laufe meiner Untersuchungen nur wenige, ebenso muss ich die einstaubblättrige Blüthe als eine Regelwidrigkeit betrachten; es sind in diesem Falle nämlich zwei Höcker in der Entwickelung gehindert, so dass das Staubblatt gewissermaassen an der Seite des Blüthenhöckers herauswächst und seine übrigen Theile seitwärts lässt, wie die Form der jungen Anthere beweist (Taf. I, Fig. 12), indem dieselbe immer mehr oder minder gebeugt steht. Die Behauptung von Magnus[1]) über die Entstehung eines Staubbeutels, dass dieser vielleicht durch Zusammenwachsen mehrerer Seitengebilde entstanden sei, fand ich in keinerlei Weise bestätigt, wiewohl die Möglichkeit solcher Entstehung nicht ausgeschlossen bleibt, wenn ich auch dafür keine Gründe gefunden habe. Zu weiteren Regelwidrigkeiten gehört noch das Zusammenwachsen der Antheren, welche durch Zusammenwachsen zweier Lappen enstanden sind, und eigenthümlich genug gehen die inneren Beutelfächer nur bis zur Grenze des Zusammenwachsens und endigen, ohne sich zu vereinigen. Zu bemerken ist noch, dass die so zusammengewachsenen Antheren zu den Blüthen mit drei Staubblättern gehören.

Die männlichen Blüthen betreffend, war insbesondere Rohrbach's[2]) Mittheilung, dass die Stamina durch Umgestaltung der Axengebilde entstanden, Gegenstand des Streites. Diese Meinung wurde jedoch schon bisher von Vielen, darunter Schenk[3]), Magnus[4]) u. A. widerlegt und ich glaube, der eben beschriebene Gang der Blüthenentwickelung widerspricht ihr ganz. Die neueste Auflage von Göbels Werk[5]) hat die Ansicht, dass die Antheren der aus einem Staubblatt bestehenden Blüthe sich direct durch Umbildung der Axengebilde entwickelt, beibehalten. Doch Göbel erklärt noch im Jahrgange 1882 der Botanischen Zeitung S. 405, dass er wohl geneigt war, die Höcker für Blüthenanfänge zu halten, spätere Beobachtungen jedoch überzeugten ihn davon, dass die Stamina hier durch Verzweigung des „Primordium" entstehen. Dass wir es hier aber thatsächlich mit einem Blüthenhöcker zu thun haben, beweisen die die Spitzenmitte des Höckers einnehmenden Zellen, welche immer tiefer liegen, als die um

[1]) Bot. Zeit. 1878, S. 507.

[2]) l. c. S. 69; Bot. Zeit. 1869, S. 861.

[3]) Schenk, Sachs' Handb. d. Bot. IV. Aufl., S. 525.

[4]) Magnus, Beiträge z. Kenntniss d. Gattung Najas. S. 31—35.

[5]) Grundzüge d. spec. Pflanzenmorph. 1882, S. 399.

sie herum sich bildenden Lappen. Weitere Beweise sind darin enthalten, dass die Spitze oft auch in grösserer Breite verbleibt (Taf. I, Fig. 9), was auch Göbel in einigen Fällen bemerkte[1]). Dass weiterhin nach der Streckung der Filamente auch der gemeinsame Stiel, und zwar in grösserem Maassstabe sich streckt; dass es bei Hervorbringung seitlicher Gebilde nicht nothwendig ist, dass die Spitze des Höckers auf grossem Raume frei bleibe, wie dies Göbel angiebt, denn nach dem Auftreten des Fruchtblattes der weiblichen Blüthe bleibt auf der Spitze des Höckers nicht einmal so viel Raum, wie hier bei den männlichen. Für meine obigen, die Entstehung der einbeuteligen Blüthe betreffenden Erörterungen spricht die Beobachtung, dass ich nicht einmal einen solchen Höcker sah, der gerade gewachsen war, jedoch Gelegenheit hatte, zu beobachten, dass der eine oder andere Lappen in seinem Wachsthum zurückblieb und der Blüthenhöcker somit nur an einer Seite sich höher hob, die andere Seite und die Spitze dagegen aufhörte sich weiter zu entwickeln, wie die Zeichnung Göbel's auch beweist.[2]) Die Ansicht Göbel's von einer Entstehung mehrere Staminen besitzender Blüthen durch Verzweigung der Blüthenhöcker kann ich nicht ganz theilen, da ich dies an den auf den Blüthenhöckern auftretenden 3 Lappen nicht wahrzunehmen vermochte, die Entstehung der Lappen, die Verzweigung aber ganz ausschliesst und die zum Beweise seiner Behauptung beigegebene Zeichnung in mir mehr den Eindruck eines Zusammenwachsens nahestehender Höcker machte. Anlass zum Bedenken gäben zwei von seinen Zeichnungen (Fig. 48 und 58, Bot. Zeit. 1882. Taf. VI), wo mehrere Höcker (4) in einer Reihe auftreten. Auf solche stiess ich, wenigstens in der dort dargestellten Form, als wären sie durch Verzweigung eines Höckers entstanden, nicht; allerdings fand auch ich, dass zwei naheliegende Blüthenhöcker anfangs zusammengewachsen waren, im späteren Entwickelungsverlaufe jedoch gesondert wuchsen; im noch späteren Entwickelungsstadium fand ich keine zusammengewachsenen Blüthen. Die Ansicht Göbel's halte ich für annehmbar, wiewohl ich keine Erfahrungen dafür habe, dass der auf dem Blüthenhöcker entstandene Lappen eventuell wieder verzweigt ist, wodurch dann der Ursprung der 5 oder mehrere Antheren besitzenden Blüthe aufgeklärt wäre. Ich halte es für unnöthig, die Ansicht zu widerlegen, dass die männlichen Blüthen durch Zusammenwachsen der Filamente entstanden seien, wie einige Autoren[3]) behaupten, da die oben mitgetheilte Beschreibung des Entwickelungsganges der Staubblätter dies überflüssig macht.

Bei *T. latifolia* kommen, wie ich schon erwähnte, im Allgemeinen gelbe, manchmal grünlichgelbe Pollenkörnchen in einer Tetradengruppe vereinigt, vor, bei *T. angustifolia* dagegen einzeln. Die auf beiderlei Weise vorkommenden Körnchen stimmen mit einander überein und sind Abweichungen eben nur in den durch die Gruppirung bedingten Eigenthümlichkeiten zu finden. Ich behalte die Körnchen der *T. latifolia* im Auge, deren Grösse ungefähr gleich ist und zwischen 22,5 und 31,0 μ variirt. Bei regelmässiger Gruppirung ordnen sich die 4 Pollenkörnchen in einer Fläche, doch sind Abweichungen sehr häufig: entweder sind sie schief gegeneinander gestellt oder ihre Stellung ist eine gekreuzte, hin und wieder können sie auch in einer Reihe liegen. Mit dieser Anordnung ist diejenige der Austrittsstellen nicht eng verbunden; bei regelmässiger Anordnung erscheinen diese meistens an den Enden der Diagonale der Pollentetraden. Die Pollentetraden lassen an dem Punkte, wo die 4 Pollen sich berühren, eine kleine

[1]) Bot. Zeit. S. 405.

[2]) Bot. Zeit. 1882. Taf. VI. Fig. 46.

[3]) Knuth, l. c. S. 90.
Luerssen, Handb. d. syst. Bot. Bd. II. S. 324.

Lücke; sie besitzen eine sehr gut wahrnehmbare Exine, viel weniger gut lässt sich die Intine erkennen. Die Exine ist stark cuticularisirt und mit äusserst winzigen stäbchenartigen Verdickungen versehen, welche man nur nach Behandlung mit Citronenöl bei starker Vergrösserung klar sehen kann. Die Austrittsstellen sind länglich, schmal, spaltartig, einige kürzer und beinahe kreisförmig; sie bilden mehr oder weniger eine Vertiefung auf der Oberfläche, wo die Exine viel dünner, die Intine aber besser wahrzunehmen ist. Die Pollentetraden gelangen meistens mit Hilfe des Windes auf die Narbe der weiblichen Blüthe und werden dort von den zusammengebogenen Rändern der Narbe gehalten; nach sehr kurzer Zeit entwickeln sie Schläuche. Diese können — wie Experimente an Segmenten von Birnen zeigten — in den meisten Fällen von allen vier Körnchen entwickelt werden, doch nicht zu gleicher Zeit, sondern nach einander. Die Schläuche sämmtlicher Pollenkörnchen der Tetrade wachsen dann in einer und derselben Richtung.

Wie ich oben bemerkte, erscheinen in den zwischen den Blüthenhöckern befindlichen Lücken schon sehr früh winzige Höcker, welche sich zu Trichomen entwickeln. In ihrem Auftreten fand ich keine Regelmässigkeit und schliesse ich mich in Bezug hierauf ganz den Ansichten von Rohrbach [1]), Eichler [2]) und Göbel [3]) an. Mit Rohrbach kann ich eine gewisse Regelmässigkeit, welche sie im jugendlichen Alter scheinbar zeigen, so dass um einen Höcker herum 4—6 Höckerchen zu sehen sind, wobei aber die Nachbarhöcker leer ausgehen, nicht leugnen und ist es möglich, dass diese scheinbare Regelmässigkeit Schnizlein [4]) veranlasste, diese Höcker für Perigone anzusehen. Neuerdings hält Čelakowsky [5]) diese Trichomen in Uebereinstimmung mit den Ansichten Schnitzlein's ebenfalls wegen der erwähnten Regelmässigkeit ihres Auftretens für Perigon. Die regelmässige Stellung ist in Wirklichkeit nicht vorhanden. Das einzig sichere Charakteristische in ihrem Auftreten ist das Bestreben, allen noch freien Raum einzunehmen. Die Trichomhöcker, resp. Trichome halten im Wachsthum Schritt mit den Blüthenhöckern resp. Blüthen, und zwar so, dass sie deren Höhe je eher erreichen oder gar übertreffen, obwohl man selbst bei vollständig ausgebildeten Blütenständen immer auch verschieden lange Haare findet.

Die Bildung der Trichomenhöcker geschieht nicht wie bei den einfachen Haaren nur aus der Epidermis, sondern durch Theilung der Zellen dieser und der unmittelbar unter ihr liegenden äusseren Schicht. Sie geschieht also mehr oder weniger nach der Weise der Emergentien, doch bei späterem Wachsthum ganz nach dem Muster der Trichomenentwickelung. Beim Beginne der Entwickelung erheben sich die Epidermis und einige darunter liegende Zellen zu einem mehr oder minder spitzigen Höcker. In weiteren Verlaufe der Entwickelung vermehren und strecken sich die Zellen in der Richtung der Längsaxe derartig, dass das Gebilde mehr oder weniger fadenförmig wird. Die Epidermis desselben wächst hauptsächlich in Folge Theilung einer auf seinem Scheitel befindlichen Zelle, und da die inneren Zellen des Fadens, welche aus der unter der Axenepidermis befindlichen Zelle hervorgegangen sind, ihre Theilung allmählich einstellen, setzt die so entstandene Scheitelzelle die Theilung allein fort und zwar nach zwei oder mehreren Seiten hin. In der Scheitelzelle entstehen die Scheidewände abwechselnd, so dass oftmals nur eine zwei-

[1]) l. c. S. 69.
[2]) l. c. S. 112.
[3]) l. c. S. 406.
[4]) l. c. S. 7.
[5]) Ueber d. Inflorescenz der Typha. Flora, Jahrg. 68, S. 626—27.

theilige Scheitelzelle sich vorfindet; häufig stellt sich die Scheidewand in die Richtung der Trichomenaxe und die Scheitelzelle zerfällt in zwei gleiche Theile. Das Wachsthum der Scheitelzelle dauert sehr lange, beinahe bis zu der Zeit, wo die Staminen ihre grösste Länge erreicht, ihre Theile sich vollständig entwickelt haben und auch die Trichomen sie an Länge übertreffen.

Die aus der Scheitelzelle entstandenen Zellen vermögen sich noch ein- oder zweimal zu theilen, doch meistens nur durch Querwände, wodurch das Ende des Trichoms immer eng bleibt und seine Zellen ihre längliche Form beibehalten; der untere Theil der Haargebilde besteht aus sehr wenigen peripherischen mittelständigen Zellen. In diesem Zustande verharrt das Trichom bis zur vollkommenen Entwickelung der Staminen, unmittelbar vorher stellt die Scheitelzelle ihr Wachsthum ein und statt dessen beginnen sich die der unteren Axenepidermisschicht entsprungenen und am unteren Ende des Gebildes befindlichen Zellen zu theilen und veranlassen hierdurch eine Verdickung, Streckung (natürlich nur in den unteren Theilen) und Erhebung des oberen dünneren Theils der Trichome; gleichzeitig tritt auch das Gefässbündel auf. Einzelne bringen durch Anschwellung und Weitertheilung oberflächlicher Zellen Trichomenäste hervor, welche sich in der eben erwähnten Weise entwickeln. Die Bemerkung Schnizleins über das Vorkommen von zweierlei Haaren gilt nur in Bezug auf die Verzweigung. Es giebt wohl auch Trichome, welche sich an ihrem unteren Theile gar nicht oder kaum merklich strecken und im Ganzen eine einfache Struktur zeigen, im Gegensatz zu den übrigen, welche diese Einfachheit nur in ihren oberen Theilen aufweisen; doch ist diesen Mannigfaltigkeiten keine Wichtigkeit beizumessen, da eine ganze Reihe von Uebergängen existirt.

Im Verlaufe meiner Untersuchungen legte ich insbesondere Gewicht auf die Stellung der Haare zu den männlichen Blüthen, da mehrere Forscher auf Grund dieser Stellung den Werth jener Organe beurtheilen. Auf Grund der Ergebnisse dieser meiner Untersuchungen kann ich mit Bestimmtheit behaupten, dass zwischen den Trichomen und den männlichen Blüthen keinerlei Zusammenhang besteht und theile ich hierin ganz die Ansichten von Richard, Eichler, Rohrbach und Göbel.[1])

Gegen die Zusammengehörigkeit der Trichome und der Staubblätter sprechen auch die Gewebeverhältnisse; denn auch bei den nahe aneinander liegenden Gebilden bildet nur die Epidermis die Verbindung und beim Abtrennen der Blüthen ist sie es, die beide zusammenhält. Vielleicht liess hierdurch Schnizlein sich irre führen. Man schreibt den Trichomen verschiedenen Werth zu, so hält sie Schnizlein in seiner Iconographie (Taf. 70) für auf den Blüthenboden einiger Blüthenstände der Compositen vorkommende Deckblatt-artige Gebilde. Hieronymus[2]) identificirt sie mit dem Pappus der Compositen und dem Perigon der Cyperaceen. Anderenorts erklärt sie Schnitzlein für Perigon, ebenso wie Linné[3]), in neuester Zeit Čelakowsky[4]) und Andere[5]); Schur[6]) identificirt sie mit Perigon-Trichomen der Cyperaceen. All diesem widersprechen die oben dargelegten Verhältnisse der Entwicklung, der Stellung und der Form etc. der Trichomen. Und wenn Combinationen über ihre phylegonetischen und

[1]) Arch. d. Bot.; Eichler, l. c. S. 112; Rohrbach, l. c. S. 69.

[2]) Bot. Zeit. 1872. S. 171.

[3]) l. c. S. 479.

[4]) Flora. Jahrg. 68. S. 627.

[5]) J. Gärtner, De Fructibus etc. S. 8. — Jussieu Gen. plant. 25 p.

[6]) l. c. S. 190, 192.

entwicklungsgeschichtlichen Verhältnisse (sie z. B. für verkümmerte Deckblätter zu halten) statthaft wären, so liessen sie sich in ihren jetzigen Formen doch nur als Trichome des Blüthenstandbodens ansehen. Uebrigens können diese Trichome bei einzelnen Arten, wie z. B. bei T. Laxmanni auch fehlen.

Schliesslich muss ich noch der Unregelmässigkeit gedenken, dass von diesen monöcischen Pflanzen auch diöcische Individuen existiren. Namentlich fand ich in zwei aufeinander folgenden Jahren im botanischen Garten zu Budapest einige Individuen, denen der weibliche Blüthenstand fehlte und deren Blüthenstandstiel von lauter männlichen Blüthen bedeckt war, blos weibliche Blüthenstände tragende Individuen hingegen traf ich nicht.

3. Die weibliche Blüthe und der weibliche Blüthenstand.

a) Auftreten des Blüthenbodens und der Höcker.

Das als Blüthenstandsboden weiblicher Blüthen bezeichnete Internodium ist bei der Entstehung der Höcker der männlichen Blüthen noch immer mehr oder minder flach, beginnt aber allmählich anzuschwellen und sich zu verdicken, so dass es in kurzer Zeit eine cylindrische Form annimmt, wobei es natürlich auch an Länge gewinnt. Späterhin erleiden die seiner Oberfläche naheliegenden Zellen — welche ihren embryonalen Charakter behielten[1]) — Veränderungen, indem sie Zellen kleineren Rauminhaltes hervorbringen. Diese verbreiten sich über die ganze Oberfläche des Internodiums mit Ausnahme der unter dem oberen Knoten befindlichen Zone. Unter dieser Zone, die zuweilen auch fehlen kann, geht die Theilung der Zellen energisch und innerhalb kurzer Zeit vor sich, wobei die Zellen die ursprüngliche Oberfläche des Internodiums erheben, verdicken und zugleich den Blüthenboden der weiblichen Blüthe bilden (T. I. Fig. 10).

Die Verdickung beginnt am oberen Theile des Internodiums und schreitet von hier nach unten fort, wobei an dem oberen Theile des Internodiums sehr oft der Rand des Blüthenstandbodens heraus schwillt und sich sogar gegen die freie, obere Zone biegt, an der oberen Grenze des Blüthenstandbodens so einen kleinen Ringwall bildend (T. I. Fig. 10). Die oberflächlichen Zellen des Blüthenstandbodens bilden drei Schichten, unter welchen das Grundgewebe der Blüthenstandsaxe gelagert ist.

Die Breite und Lage der freigebliebenen Zone pflegen sehr verschieden zu sein. Sehr häufig wird die Zone von der aufwärtsgehenden Fortsetzung des Blüthenstandbodens, die nicht selten bis in den männlichen Blüthenstand eindringt, unterbrochen, doch macht oft umgekehrt der Blüthenboden der in einem kleineren Streifen laufenden Fortsetzung des männlichen Blüthenbodens Platz. Seltener ist aber der Blüthenboden in einem verticalen Streifen blätterlos. — Ist die Bildung des Blüthenbodens bis zu dem Knoten unter dem weiblichen Blüthenstand beendet, — welcher, nebenbei bemerkt, durch unregelmässiges Wachsthum des Hüllblattes, zu einem ungleichförmigen und schiefen Ring wird, so beginnt die Höckerbildung der weiblichen Blüthe und zwar in erster Reihe am oberen Theile des Internodiums, eigentlich an äusseren Rande der Anschwellung des Blüthenstandbodens. Die Höckerseite zieht sich von hier nach abwärts, gegen das Ende des Internodiums, d. h. sie erscheint basipetal.[2]) Ihr

[1]) Göbel l. c. S. 401.

[2]) K. Göbel. Vergl. Entwicklungsgesch. der Pflanzenorgane. — Schenk Handb. d. Bot. S. 187.

gleichmässiges Erscheinen in einer Höhe der Blüthenstandaxe, wie es Rohrbach[1]) erwähnt, konnte ich in keinem Falle wahrnehmen. Die Zahl der in einer Zone auftretenden Höcker kann nach der Dicke der Axe verschieden sein. Ihr Erscheinen ist nicht gleichmässig, sondern kann an gewissen Punkten des Blüthenstandbodens weiter vorschreiten als an anderen, es können die zwischen den zuerst aufgetretenen Höckern gebliebene Lücken durch später auftretende ausgefüllt werden. Ob dieses ungleichförmige Auftreten der Höcker in irgendwelchem Zusammenhange mit der offenen Scheide des Deckblattes stehe und ob es nicht etwa die Folge des früher verschwindenden Druckes sei: gelang mir nicht zu konstatiren. Die vollständige Bedeckung des Blüthenstandbodens mit Höckern schreitet jedoch von oben nach unten vor.

Bemerken muss ich noch, dass auf der inneren Oberfläche des am oberen Theile des Blüthenstandbodens befindlichen Ringwalls — in basipetaler Reihenfolge — auch Höcker auftreten, doch ist das eine Unregelmässigkeit.

Im ersten Stadium ihrer Entwicklung sind die Höcker sehr klein und von geringem Umfange, vergrössern sich aber sehr rasch. Die gebildeten Höcker sind ungleich an Breite und Höhe, es lassen sich leicht kleinere und grössere unterscheiden. Es entstehen, wenn ich nicht irre, die niedrigeren, flacheren und dickeren zuerst, dann zwischen diesen die spitzigeren, höheren, doch schmäleren Höcker und hierdurch erklärt sich auch ihr ungleichmässiges Auftreten in der basipetalen Reihenfolge.

Eigenthümlich ist es, dass die am oberen Theile des Internodiums enstandenen Höcker im Wachsthum so lange stille stehen, bis fast das ganze Internodium mit Höckern bedeckt ist; in den Entwickelungsstadien der in der Länge des Internodiums auftretenden Höcker ist kein nennenswerther Unterschied. Da die oben unterschiedenen Höcker sich zu zweierlei Gebilden entwickeln, so werde ich sie im Weiteren einzeln behandeln.

b) Die Entwickelung der weiblichen Blüthe.

Der Höcker, anfangs von geringer Ausdehnung, wächst, nach kurzer Zeit noch aus gleichwertigen theilungsfähigen Zellen bestehend, so weit, dass seine Höhe dem Durchmesser gleich wird. Allmählich wird er höher, während in seinem mittleren Theile längliche Zellen entstehen, gleichzeitig treten in seinem unteren Theile, nahe an der Oberfläche der Blüthenstandaxe, Höcker auf, und zwar zunächst womöglich in gleicher Höhenzone der Peripherie des Höckers, doch sehr oft in verschiedener Höhe. Solche Höcker mit Trichomen-Anfängen stehen schon so dicht, dass die Oberfläche der Blüthenstandaxe geschlossen genannt werden kann.

Während die Trichomenanfänge auftreten, wächst der Höcker in der Axenrichtung bis zu einer gewissen Höhe fort, bis mit der Bildung des Fruchtblattes ein Stillstand eintritt. Payer's Behauptung, dass die Trichome erst nach der Bildung des Fruchtblattes auftreten, ist somit irrig.[2])

Die an den Höckern der weiblichen Blüthe auftretenden Trichome zeigen im Verlaufe ihrer Entwickelung und ihres Wachsthums keine erheblichen Abweichungen von der Entwickelung der Trichome am Blüthenboden des männlichen Blüthenstandes und stehen dieselben demnach, sowohl in Bezug auf die

[1]) l. c. S. 68.

[2]) l. c. S. 691.

Art des Wachsthums, als auch wegen der oben erwähnten Eigenthümlichkeiten, wenigstens entwickelungsgeschichtlich den Emergentien nahe. Sobald die weiter unten stehenden Trichome eine gewisse Grösse erreicht haben, beginnt auch am oberen Theile des Höckers die Bildung von Trichomen und zwar in acropetaler, doch regelloser Reihenfolge (Taf. II. Fig. 8). Das erste Wachsthum der Trichomen dauert bis zur Schliessung des Fruchtblattes, wo es für einige Zeit still steht, um erst nach Befruchtung der Eizelle bis zur Reifung der Frucht weiter zu schreiten. Sie erreichen nicht die Höhe des Fruchtblattes. Die Trichome sind immer kürzer als die Narbe der entsprechenden Blüthe; nur einige sterile Blüthen machen eine Ausnahme. Uebrigens sind sie von ungleicher Länge, die unteren um vieles länger als die oberen.

Sobald die Höcker der weiblichen Blüthen eine gewisse Höhe erlangt haben, wachsen ihre Scheitel nicht weiter und nach kurzer Zeit bildet sich allmählich unter der Spitze des Vegetationskegels eine Zone; es lassen sich wenigstens an dem hervorragenden Ringwall zwei Ränder sehr wenig oder gar nicht wahrnnhmen (Taf. II. Fig. 7). Am ganzen weiblichen Höcker sind jetzt zu sehen: Der sich wenig erhebende Scheitel, um diesen herum im Kreise die Furche, weiterhin der Ringwall und der am Boden des Höckers auftretende Trichomkranz (Taf. II. Fig. 7 u. 8). Der geschwollene Ringwall ist nichts Anderes als das am Vegetationsscheitel der weiblichen Blüthe erscheinende Fruchtblatt.[1]) Dass dieses in Form eines Ringwalls auftritt, ist nicht zu verwunderen, da die Stammblätter auch schon sehr früh den ganzen Umkreis des Stammes umfangen. Der Rand dieses ringtörmigen Fruchtblattes erhebt sich später allmählich — wie ein hohler Cylinder — aufwärts, doch wird dieser an einem Punkte bald schartig, an dem Punkte nämlich, wo die zwei Ränder des Fruchtblattes an einander stossen. Bei weiterem Wachsthum bleibt dieser Punkt immer mehr zurück. In Folge dieses ungleichen Wachsthums des Fruchtblattes entsteht ein unablässig sich vergrössernder Cylinder, dessen offenes Ende schief abgeschnitten ist.

In dem Maasse wie die höchste Spitze des Fruchtblattes weiter wächst, fängt auch das röhrenförmige Gebilde mit seinen oberen Rändern an sich zu schliessen (Taf. II. Fig. 8).

Die unterste Stelle des unteren röhrenförmigen Theils ist etwas angeschwollen und bildet den Fruchtknoten (Th. II., Fig. 1.), der sich allmählich verengt und durch den schon ziemlich langen zusammengewachsenen Theil des Fruchtblattes, den Griffel, in den nicht mehr zusammengewachsenen Theil, die Narbe, übergeht. Der Narbe sieht man es übrigens an, dass sie die Spitze des zusammengewachsenen Fruchtblattes bildet, indem ihre Ränder gegen die Mitte ihres ausgebreiteten Theiles zusammengebogen sind, und dass die durch diese Biegung gebildete Furche immer mehr verengt in die als Griffelkanal verbliebene, sehr schmale und kaum wahrzunehmende Oeffnung übergeht. In der entsprechenden Mittellinie des Fruchtblattes tritt das Gefässbündel auf und verläuft in die Spitze; es besteht aus einem Gefässe und sehr wenigen Faserzellen.

Kurz nach dem Erscheinen des Fruchtblattes beginnt die Bildung der Samenknospe und zwar zu der Zeit, wo der ringwallartige Höcker des Fruchtblattes aufgetreten ist, auf der inneren Seite des Fruchtblattes nahe an dessen Basis[2]) (T. II, Fig. 1) in Form eines kleinen, aus einigen Zellen gebildeten Höckers, der sich langsam erweitert. Infolge des Wachsthums des Fruchtblattes wird es alsbald mit dem

---

[1]) Göbel l. c. S. 424.

[2]) Göbel. Vergl. Entwickelung d. Pflanzenorgane. S. 313.

unteren Theile des Blattes allmählich gehoben. (T. II, Fig. 1—2.) Während dieser Hebung nimmt der Höcker nicht an Breite, um so mehr aber an Länge zu, gleichzeitig beginnt das Fruchtblatt an seinem unteren Theile zu schwellen, d. h. es bildet den Fruchtknoten, der jetzt noch weit genug ist, um von der Samenknospe nicht ausgefüllt zu werden. Unrichtig ist also die in Sachs Lehrbuch[1]) aufgenommene und auch von Rohrbach[2]) wiederlegte Ansicht, wonach die Samenknospe der Typhaceen der Axe entstammen sollte. Ob die Samenknospe am Rande des auftretenden Fruchtblattes sich entwickele — eine Frage, die auch Rohrbach unaufgeklärt liess — kann ich nicht entscheiden. Für wahrscheinlich halte ich es aber, dass sie sich an dem Punkte zu entwickeln beginnt, wo die zwei Blatt-Ränder zusammenwachsen. Dieser Punkt liegt der Stelle des Fruchtblattes gegenüber, in welcher das Gefässbündel auftritt. (T. II, Fig. 1—4.)

Der Samenknospenhöcker wächst von nun an an seiner oberen Seite schneller, wodurch hier eine Anschwellung entsteht und seine Spitze abwärts gedrängt wird. Das schnellere Wachsthum des erwähnten Theiles stellt den Höcker so, dass seine Spitze gegen den Boden des Fruchtknotens resp. gegen die Spitze des ursprünglichen weiblichen Blüthenhöckers gekehrt wird. (T. II, Fig. 3.) Hierauf streckt er sich, nimmt eine längliche Gestalt an, und wird, — nachdem die mehr oder weniger sich verbreitenden Wände des Fruchtknotens auch nach oben gewachsen sind — in die Spitze der Fruchtknotenhöhlung gehoben, wo er endgültig verbleibt. (T. II, Fig. 3—4.) Zu dieser Zeit schliesst sich das Fruchtblatt ganz und es finden auch gleichzeitig im Höcker selbst Veränderungen statt. Im Anfange besteht nämlich der Samenknospenhöcker aus einer gut erkennbaren äusseren Zellenschicht und aus einigen ungeordneten mittleren Zellen, welche sich mit der Vergrösserung des Höckers vermehren und ordnen. Am Ende der Mittelreihe entsteht eine den anderen gegenüber äusserst grosse Zelle, welche sich allmählich ausdehnt und den Raum von 4—5 Zellenreihen einnimmt. (T. II, Fig. 4.) Die Samenknospe selbst beginnt sich langsam zu biegen, was schon die an ihrer inneren Seite erscheinenden kleineren oberflächlichen Zellen kennzeichnen. Um die Spitze der Samenknospe erheben sich allmählich 1—2 Zellen, d. h. es bildet sich eine innere Hülle und die Samenknospe füllt jetzt den ganzen Hohlraum des Fruchtknotens aus. (T. II, Fig. 4.)

Der Gang der Entwickelung zeigt deutlich, dass der Körper der Samenknospe durch Beugung ihrer Höckerspitze entstanden sei, weil die Spitze sich immer mehr gegen die Oberfläche des die Placenta tragenden Wandtheiles biegt, indessen die Samenknospenhüllen sich ebenfalls entwickeln. An der Aussenseite der Samenknospe entwickelt sich natürlich eine innere und eine äussere Hülle, an der Innenseite hingegen blos eine innere. Die in der Spitze der Samenknospe befindliche vergrösserte Zelle theilt sich jetzt in zwei Zellen.

Die Samenknospe dreht sich allmählich derart, dass sie endlich mit dem Funiculus mehr oder weniger einen Winkel von 90° bildet. Diese Drehung dauert fort, der Winkel wird kleiner und die an der Innenseite befindliche Hülle nähert sich immer mehr dem Funiculus, bis sie denselben erreicht und die Axe der Samenknospe mit diesem mehr oder minder parallel läuft. Später nimmt die Samenknospenöffnung — ein wenig nach Aussen gewendet — die erforderliche Stellung ein, und so bildet sich die anatrope, nach dem Beschriebenen epitrope Samenknospe. Während dessen entwickelt sich auch der Funiculus weiter, dessen

[1]) IV. Aufl. S. 547.
[2]) Bot. Zeit. 1870. S. 480.

insbesonders dem Griffelkanal und der Mikropyle naheliegenden Zellen sich vergrössern und anschwellen. Die Samennaht ist übrigens ziemlich schmal und kurz. Charakteristisch ist, dass das bei gänzlicher Drehung der Samenknospe auftretende Gefässbündel, welches unter den Fruchtknoten sich von dem Bündel des Fruchtblattes abzweigt, nur ungefähr bis zur Höhe der Samenknospenöffnung in die Samennaht eindringt.

Die auf den oberen Rändern der Samenhüllen befindlichen Zellen sind nach unten zu zweiseitig und den zweitheiligen Scheitelzellen ähnlich, in Folge dessen bestehen die Samenknospenhüllen aus zwei Zellenschichten. Die wachsenden Hüllen überwölben den Samenknospenkern mit Ausnahme der Mikropyle. Die schneller wachsende innere Hülle bildet den wenig gestreckten Kanal der Mikropyle. Die äussere Hülle bleibt hingegen bis zur Befruchtung der Eizelle ein wenig zurück. Die Entwickelung der an der Spitze des Samenknospenhöckers erscheinenden grossen Zelle, welche ich als die Mutterzelle der den Embryosack vorbereitenden Zellen bezeichnen möchte, geht nach den allgemein bekannten Principien vor sich. Die durch Theilung entstandenen sind 3, ja selbst 4 an der Zahl, durch scharf begränzte, das Licht stark brechende Wände von einander getrennt; sie reihen sich dergestalt aneinander, „als wären sie in eine grosse Zelle eingestellt.“ Die unter ihnen liegende Zellenreihe reicht bis zum Boden der Samenknospe, die obere verzweifacht, ja verdreifacht sich in manchen Fällen durch Theilung; die Spitze des Kernes ist etwas gewölbt.

Die unterste der den Enbryosack vorbereitenden Zellen vergrössert sich, wodurch die obenliegenden gedrückt, ihre Wände aufwärts gepresst und schliesslich allmählich gesprengt werden. Den Raum der vorbereitenden Zellen nimmt eine Zelle ein. Diese grosse Zelle ist der Embryosack.

Der Schlauch des an der Narbe haftenden Pollenkörnchens gelangt durch den Griffelkanal von den äusseren Zellen des Funiculus und Raphe geleitet, mit Umgehung der Samenknospe zur Mikropyle. Zwischen der Samenknospe und dem Fruchtblatte bleibt nur ein sehr kleiner Raum. Die Befruchtung geschieht in bekannter Weise; nur will ich noch bemerken, dass der Embryosack eine solche Grösse erreicht, dass vom Samenknospenkern blos eine Zellenreihe verbleibt. (Taf. II, Fig. 6.)

c) Die entwickelte weibliche Blüthe.

Die entwickelte weibliche Blüthe ist von den ihr nahestehenden Nachbarblüthen derart verdeckt, dass nur ihre hervorstehenden Narben frei stehen. Die Blüthen treten entweder unmittelbar am Blüthenstandsboden auf, oder aber am unteren Theile der auf demselben stehenden secundären Blüthenstandsaxe. Ihre Stiele sind kurz, die am Blüthenstandsboden stehenden länger als diejenigen auf der secundären Axe.

Die Blüthenaxe ist bis zum Fruchtknoten mit langen, ungeordnet stehenden, zuweilen scheinbar in drei Gruppen vereinigten Trichomen ganz bedeckt.[1]) Die Trichome haben entweder gleiche Dicke (T. latifolia), oder aber sind an ihren Spitzen dicker (T. angustifolia), letzteres kommt daher, dass bei T. angustifolia das gedrängte Zusammenstehen die Trichome an gehöriger Verdickung hindert, erst nach ihrer Befreiung vom Drucke nehmen sie die ihnen zukommende Dicke an. Die Trichome überragen den Griffel resp. die Narbe nicht. Die Länge der ganzen Blüthe ist kaum 0,5—1 cm und immer geringer als die

[1]) Von der Stellung und Werthe der Trichome werde ich bei Beschreibung der Frucht sprechen.

Frucht; die Länge des Fruchtknotens beträgt 0,8—1.2 mm, der Griffel ist 2—3mal, die Narbe halb so lang.

Der Fruchtknoten bildet sich aus einem Fruchtblatte, dessen oberer Rand zu Griffel und Narbe auswächst. Der untere Theil, d. i. der von der Blüthenstandsspitze abgewandte Rand, wächst dergestalt zusammen, dass der sich zusammenfaltende Narbentheil abwärts — und bei jenen Arten, an welchen Brakteenhaare auftreten, diesen zugewendet erscheint. Eichler's hierauf bezügliches Diagramm nebst Erklärung sind richtig.[1]) Der Fruchtknoten besitzt eine längliche, verkehrte Ei- oder Spindelform, die Narbe kann je nach der Art von verschiedener Gestalt sein; doch besteht sie immer aus zwei Hälften; die durch diese Theilung gebildete Furche führt bis in den Griffelkanal hinab. Auf der Narbe treten keine Drüsen auf, auch schwellen die Zellen nicht sehr an; zur Zeit des Blühens sondern sie eine glänzende Flüssigkeit ab.[2])

Die weibliche Blüthe blüht später als die männliche, die Pflanze ist somit entschieden protandrisch. Von der Gesammtzahl der Narben ist der bedeutend grössere Theil nach unten gekehrt.[3]) Schliesslich aber befindet sich oft zu Anfang des Blühens des männlichen Blüthenstandes noch das Hüllblatt an der weiblichen Blüthenstandsaxe, und die Bestäubung geschieht hauptsächlich durch Vermittelung des Windes.

Von der Spitze der Fruchtknoten-Höhle hängt die anatrope resp. epitrope Samenknospe herab.

d) Der secundäre Blüthenstand und die Entwickelung seiner Blüthen.

Mit den Höckern der weiblichen Blüthe erscheinen zugleich auch die Höcker der secundären Blüthenstände, welche in früher Jugend in ihrem Bau mit den ersteren übereinstimmen, an Dicke und Höhe aber von jenen verschieden sind. Der ziemlich unentwickelte Höcker schwillt allmählich stärker, und setzt hernach an Umkreis seines Bodens einen secundären Höcker an, der alsbald, obwohl schmäler als der Mutterhöcker, denselben an Höhe übertrifft. Der entstandene Tochterhöcker entwickelt sich einfach zur weiblichen Blüthe; der Mutterhöcker setzt sein Längswachsthum fort und bringt im Verlaufe dessen an einigen — doch niemals an mehr als fünf bis acht, von einander ziemlich entfernt liegenden — Punkten wieder Höcker hervor, aus welchen sich gleichfalls weibliche Blüthen entfalten. Vorher treten aber an seinem Boden noch mehrere Höcker auf, oftmals bilden sich solche nur an dem Boden, und der Mutterhöcker erhebt sich dann wie eine Säule, blos an der Spitze wieder Blüthen entwickelnd. Er erhebt seine Spitze im Allgemeinen bis zum Fruchtknoten der an der primären Axe stehenden Blüthen und bringt die Höcker steriler Blüthen hervor. (T. I, Fig. 14.)

Die Gewebebildung der secundären Blüthenstandsaxe ist anfangs ziemlich einfach: die Epidermis, der Rindentheil und ein aus länglichen Zellen gebildetes Centrum; später werden alle Zellen gestreckt.

Die in der Nähe der Spitze aufgetretenen Höcker strecken sich allmählich und schwellen an ihrer Spitze mehr oder weniger an; sehr früh erscheinen Trichome an ihrem unteren Theile. Die schon etwas gestreckten Höcker bringen, ungefähr zu der Zeit, wo sich das Fruchtblatt der an der primären Axe

---

[1]) l. c. S. 112—113.

[2]) Berhens. Unters. ü. d. anat. Bau d. Griffels u. d. Narbe. Göttingen 1875. S. 30.

[3]) Schur ist entgegengesetzter Meinung. l. c. S. 199.

stehenden weiblichen Blüthen schliesst, Gebilde hervor, welche an Entwickelungsart und Form von einander abweichen.

Namentlich streckt sich die, durch die Spitze hervorgebrachte, Trichome besitzende und an der Spitze verdickte Höckeraxe bis zu einer gewissen Länge, wo dann der Vegetationskegel sein Wachsthum einstellt, dafür bekommt er unter seinem Scheitel eine ringwallartige Anschwellung: das Fruchtblatt, welches sich mehr oder minder aufwärts erhebt und eine kleine cylinderförmige Höhlung bildet. Bei einer gewissen Höhe nähern sich seine kreisförmigen Ränder einander und engen die Oeffnung des Cylinders allmählich oder auch plötzlich ein; diese dann ganz umwölbend, wachsen sie mehr oder minder zusammen und bilden einen kleinen rudimentären Fortsatz. Das also entstandene und nach den Arten verschieden geformte Gebilde ist aus dem Fruchtblatte hervorgegangen: es entwickeln sich nämlich statt des Fruchtknotens mehr oder weniger ei- oder birnenförmige Körper, statt des Griffels und der Narbe der erwähnte rudimentäre Fortsatz.[1])

Das Gebilde wächst nun nach seinem Entstehen eine gewisse Zeit lang, darauf theilen sich in seinem Innern die Wandzellen und füllen die Höhlung mit lose zusammenhängenden, dünnwandigen Intercellularräume bildenden Zellen aus. Eine Samenknospe oder deren Spur entwickelt sich nicht; dagegen sind von den Zellen des Gebildes einige raphidenhaltig. Die Gestaltung der Blüthenaxe und der Trichome stimmt mit der des Pistills der weiblichen Blüthe überein, doch während bei Letzterer der Fibrovasalstrang sich nur in zwei Aeste theilt — deren einer zur Narbe, der andere zur Samenknospe geht — spaltet er sich bei Ersterer in 2—4 Aeste, welche in der Schicht zwischen den länglichen, dickwandigen Zellen und den losen Zellen des inneren Theiles bis zu der um den an der Spitze des Gebildes stehenden Fortsatz befindlichen Vertiefung wachsen.

Der secundäre Blüthenstand bringt 2—4 solcher umgebildeter Fruchtblätter besitzenden sterilen Blüthen hervor, über denen sich nur sehr unvollkommene Blüthen-Rudimente bilden. Die Axenspitze wächst bis zu einer gewissen Zeit, dann hält sie inne und bringt einen Trichomenkranz hervor. Ueber den sterilen Blüthen pflegen sich zwei bis drei der Spitze der sec. Axe ähnliche Rudimente zu entwickeln. Je höher sie jedoch auf der Blüthenstandaxe zu stehen kommen, desto weniger Trichome bringen sie hervor. Oftmals endigt die stumpfe Spitze der Blüthenstandaxe, — nachdem sie ihr Wachsthum eingestellt — ohne Trichome. Die Trichome des am höchsten stehenden Gebildes sind an ihrem Bodenende gewöhnlich gewunden (Taf. II. Fig. 10).

Der so entwickelte Axentheil ist bei einigen Arten (T. latifolia) gestreckter, bei anderen hingegen kürzer (T. angustifolia), wenn man von der primären Axe die Blüthen abtrennt, so verbleiben die fester stehenden secundären Axen daran in Gestalt von Borsten.

Man findet nach aufwärts gehend an der secundären Blüthenstandsaxe nachstehende Blüthen in folgender Reihenfolge: 1) vollständig entwickelte weibliche Blüthen; 2) höherstehende weibliche Blüthen den ersteren an Gestalt zwar ähnlich, doch ohne Samenknospe; 3) die sterilen Blüthen mit umgebildeten Fruchtknoten und 4) die nur Trichomen tragenden Blüthen-Rudimente.

---

[1]) Nach Schnizlein wird dieses Gebilde nur durch die Narbe hervorgebracht. l. c. p. 6. — Čelakovsky l. c. p. 628—630.

Die Blüthen sind meistens mit einem kurzen Stielchen an die Axe befestigt und bilden mit denen des Blüthenstandes eine kleine Aehre, an welcher — nach den unten angeführten Autoren — die Blüthen in $^1/_2$ Stellung sich befinden.[1]) Von dieser $^1/_2$ Stellung giebt es jedoch zahlreiche Abweichungen. Mit Rücksicht auf diesen Umstand unterzog ich eine grosse Anzahl dieser kleinen Aehren einer genaueren Untersuchung, auf Grund deren sich als die am häufigsten vorkommende Gesammtzahl der Blüthen an der secundären Blüthenstandsaxe 5—9 ergab; unter diesen: fertile 2—5, sterile 2—3, nur Trichome tragende 1—4; die Stellung aber war $^1/_3$, $^2/_3$, $^2/_5$, u. s. w. Somit muss man der Ansicht Göbel's[2]) dass eine $^1/_2$ Stellung nicht allgemein vorkommt, beipflichten. Fassen wir von denen des unteren Theiles abstrahirend nur die an dem oberen Axentheil befindlichen Blüthen in's Auge, so werden wir sie allerdings oft in der Stellung $^1/_2$ finden, während die Stellung der unteren Blüthen thatsächlich einen viel kleineren Bruch ergiebt (Taf. II. Fig. 10).

Die ausgebildete secundäre Blüthenstandaxe ist ziemlich stark gebaut und trennt sich von der primären Blüthenstandaxe nicht allzu leicht ab. Die Zellen der Epidermis sind länglich mit etwas verdickten Wänden, die untenstehenden sind ziegelförmig, und dicht aneinander geschlossen, mit Tüpfelverdickung; die Tüpfel sind mehr oder weniger länglich. Nach innen liegen schon faserige Zellen, grösstentheils tüpfelförmig verdickt, doch stehen die Tüpfel so dicht, dass die Verdickung ein ringförmiges Aussehen erhält. Zwischen den Faserzellen finden sich Spiral-Gefässe, welche einzeln in die Blüthen eintreten.

e) Die Entwickelung des Samens und der Frucht.

Nach der Befruchtung spielen sich in der Samenknospe dieselben Processe ab, welche L. Grignard[3]) bei Typha angustifolia und Hegelmaier[4]) bei Sparganium beobachtet haben, und da sie zugleich mit den bei Typha latifolia beobachteten übereinstimmen, übergehe ich sie hier. Abweichungen beziehen sich höchstens auf die Grösse und äussere Formeigenthümlichkeiten.

Gleichzeitig mit der Entwickelung des Keimes erleiden auch die Samenknospenhüllen und die Wände des Fruchtknotens Veränderungen, dieselben sind indessen bei ersteren tiefgreifender. Es besteht nämlich die Veränderung der äusseren Zellenwände des Fruchtknotens nur darin, dass sie sich allmählich gleichförmig, die inneren hingegen sich tüpfelig verdicken.

Die Samenknospenhüllen wachsen selbst noch nach der Befruchtung, vor Allem in der Richtung des die Mikropyle bildenden Ringwalls; die äussere Hülle wächst jetzt schneller (Taf. II. Fig. 5—6) und reicht in kurzer Zeit über die innere Hülle hinaus. Unterdessen verdickt sie sich an ihren Enden und bildet an der mit dem Nucellus in gleicher Höhe sich erhebenden inneren Hüllenrand eine Kreisrippe. Diese Kreisrippe erhebt sich immer mehr und biegt sich mit ihrer Kante aufwärts (Taf. II. Fig. 5), die äussere Hülle wächst mit ihrer Spitze aufwärts die Mikropyle überdachend, verdeckend und zugleich den durch die Rippe der inneren Hülle gebildeten Ringwall ausfüllend. Zu bemerken ist, dass schon in diesem

[1]) Rohrbach l. c. S. 861; Eichler l. c. S. 112; Luerssen l. c. S. 324.

[2]) l. c. S. 402.

[3]) Rech. sur le sac embryonnaire des Phanerog. Ann. d. sc. nat. ser. 6. t. XIII. S. 106—199.

[4]) Bot. Zeit. 1874 S. 635—639, 648—650.

Entwickelungsabschnitt das allmähliche Zusammenwachsen und Zusammenschrumpfen der Zellenreihen der inneren Hülle gut wahrzunehmen ist, den rippenbildenden Theil ausgenommen. An dieser Stelle behalten nämlich die inneren Zellen der inneren Hülle ihre Hohlräume, die äusseren Zellen dagegen vergrössern sich und füllen den inneren Theil der Kreisrippe aus. An der Samenknospenspitze schrumpft die innere Zellenreihe der inneren Hüllen nur wenig zusammen und bilden den inneren Samendeckel, die Aussenwände der äusseren Zellenschicht der erwähnten Hülle und die sie berührenden Zellenwände der äusseren Hülle geben an äusseren Samendeckel, welcher an Stelle der Mikropyle den durch das Zusamenfallen der Mikropylen-Wände entstandenen Ansatz trägt und mit dem inneren Deckel in Contact kommt[1]) (Taf. II. Fig. 11. 13).

Die Zellen der äusseren Hülle wachsen sich verdickend aufwärts und verstärken den Funiculus: die Samennath verliert sich beinahe ganz. Von dem über den Deckel befindlichen Zellen der äusseren Hülle behalten die nach Aussen stehenden ihre ursprüngliche Gestalt, hingegen strecken sich die inneren stark und füllen den Zwischenraum zwischen dem äusseren Samendeckel und dem Funiculus aus. Die das Mikropyle bildenden Zellen der äusseren Samenknospenhüllen zeigen also ein von den übrigen Zellen, welche zusammenfallen — abweichendes Verhalten (Taf. II. Fig. 13).

Die in ihrer Entwickelung vollendeten Zellen bilden jetzt, nach Ansammlung von braunen Farbstoffen, in ihren Zellenwänden die Samenwand. Bemerkenswerth ist, dass der Samendeckel und die Samenhüllen ihre Gestaltung viel früher beenden, als der Keim und das Endospermium. Mit der Bräunung der Samenwand hält auch die der Narbe und des Griffels Schritt.

f) Die Entwickelung der Bracteenhaare.

Bei einigen Arten von Typha, von welchen T. angustifolia L. hier zu Lande vorkommt, erscheint an der Blüthe respect. Blüthenaxe noch ein von den anderen verschiedenes Gebilde: ein Haargebilde, welches ein grosser Theil der Forscher als Deckblatt bezeichnete.[2])

Zur Zeit, wenn die Länge der Blüthenhöcker den Durchmesser übertrifft, schwellen an einem Punkte der Peripherie einige Zellen an und bringen ein kleines Seitengebilde hervor, dessen Entwickelungsgang mit dem der Trichome übereinstimmt. Auf der Blüthenaxe entwickeln sich dann über diesen Trichomen die schon erwähnten Blüthenstiel-Trichome. In gleicher Weise entsteht auch dieses Seitengebilde an den umfangreicheren Höckern der secundären Blüthenstandsaxe, nur dass über diesem noch ein zweiter Höcker erscheint, ein Höcker der untersten Blüthe des secundären Blüthenstandes. Im ersten Falle stehen die am Blüthenhöcker auftretenden Brakteenhaare oft sehr nahe an der Blüthenstandaxe, zum Theil auch darauf. Da die Höcker von angustifolia sich sehr früh aneinander drängen und fast zusammenwachsen, konnte ich von ihnen kein klares Bild erhalten. Ich war gezwungen, die in ein bis zwei Fällen beobachtete Erscheinung als Grundlage zu nehmen, wo die Haare am Blüthenhöcker nahe zum primären Axentheil auftreten. Ueber ihre Stellung bei den ausgebildeten Blüthen kam ich nicht ins

[1]) Die Gestaltung des Samendeckels ist also eine von Sparganium verschiedene. Hegelmaier l. c. S. 715.

[2]) Dupont l. c. S. 59. — Schnizlein l. c. S. 6. — Schur's Ansicht kann ich nicht theilen l. c. S. 190.

Reine, weil die an der primären Axe stehenden Blüthen in ihren unteren Theilen vollständig zusammenwachsen.[1])

Die Entwickelung der Braktenhaare — denn nach ihrem Verhalten und ihrer Stellung kann ich sie mit Rohrbach nur so nennen — geht äusserst rasch vor sich, so dass sie bald um Vieles länger werden als der Höcker. Anfangs wachsen sie gleichförmig zu platten Stäbchengebilden; später flachen sie sich an ihren Spitzen ab, verbreiten sich und nehmen eine Spaten-, Ei- oder ganz regellose Form an. Das ausgebildete Brakteenhaar besitzt einen mehrere (2—5) Zellenschichten dicken, stielartigen unteren und einen verschieden gestalteten, spreitenförmigen oberen Theil, der sehr früh bräunlich wird. Uebrigens verräth schon die Art der Anheftung der Brakteenhaare, dass sie Epidermis-Gebilde sind, da sie nur mit der Epidermis der Axe oder höchstens mit den darunter befindlichen wenigen Zellen in Verbindung stehen. Auch weichen ihre untersten Zellen von denen des Axentheils, an welche sie sich anschliessen, ab; es sind nämlich die Brakteenhaarzellen im Vergleiche zu denen der Axe äusserst winzig und ohne wechselseitigen Uebergang. Uebrigens sind die Zellen des stielförmigen Theiles länglich und von der Gestalt eines Parallelogramms; dagegen haben diejenigen des spreitartigen Theiles eine polyedrische Form Taf. I. Fig. 11 c.

Interessant sind die gegen die Spitze des secundären Blüthenstandes auftretenden Brakteenhaare in Bezug auf ihre Formverhältnisse; besonders in 1—2 von mir beobachteten Fällen, in welchen sich über jenen keine Blüthe mehr entwickelte. Die zwei untersten Brakteenhaare behielten noch mehr oder weniger ihre regellose Form, die der über ihnen stehenden ist schon verschieden, mehr fadenförmig, die oberste endlich ist schon ein ganz zugespitzter Faden und ähnelt an äusserer und innerer Gestaltung den an der Blüthenaxe auftretenden Trichomen. Dies bestätigt wieder, dass diese Gebilde thatsächlich Haargebilde sind und höchstens ihres Auftretens wegen Brakteenhaare genannt werden können,[2]) obwohl zahlreiche Abweichungen, Entwickelungs- und Stellungs-Verhältnisse eher dafür sprechen, dass sie nichts Anderes als die untersten mehr oder weniger verschieden gestalteten Trichome der Blüthen sind (Taf. II. Fig. 9).

4. Die Frucht und der Samen.

a) Die Frucht.

Nach der Entwickelung des Keimes und des Endospermiums ist auch die Frucht und der Samen reif und beendigen alle zur Blüthe gehörigen Gebilde ihr Wachsthum.

Die Frucht von Typha besteht — da kein Theil der Blüthe verloren geht — aus einem mehr oder minder länglichen, an beiden Enden zugespitzten cylinderförmigen Körper, der eigentlichen Frucht, sie besitzt einen kürzeren oder längeren Stiel und geht spitz in den abgewelkten doch bleibenden Griffel und die Narbe über.[3]) Der Fruchtstiel übertrifft an Länge den der Blüthe, weil er bis zum Reifen der

[1]) Bot. Zeit. 1870. Auch Hofmeister's Beobachtung S. 477.

[2]) Rohrbach l. c. S. 69. — Bot. Zeit. S. 861.

[3]) J. Gärtner De fructibus et seminibus plantarum. V. II. T. II. A. 7. — Schur l. c. S. 200.

Frucht wächst. In der Richtung der an der oberen Narbenseite befindlichen Furche läuft an der Frucht eine Längsfurche, durch das Zusammenwachsen des Carpellenrandes gebildet. Dies lässt sich an den einheimischen Arten nur unklar erkennen, bei einigen, z. B. bei T. Laxmanni, stenophylla, fehlt sie ganz.[1]) Die die Frucht überdachende Narbe, selbst der obere Theil des Griffels sind braun, desgleichen die Trichomenspitzen einzelner Arten. Hingegen hat die Fruchtwand blos in Folge des Durchscheinens der Samenfarbe ein bräunliches Aussehen. Die eigentliche Frucht hat eine Länge von 0,2—1,5 mm. und eine Breite von 0,1—0,2 mm.

Ueber ihre Benennung finden sich in der Literatur die abweichendsten Ansichten vor, infolge der verschiedenen Beurtheilung der Beschaffenheit der Fruchtwand. Wir sahen nämlich, dass die Frucht sich aus einem Fruchtblatte bilde und einen Samen einschliesse, weiterhin, dass sie sowohl mit dem Stiel, als auch mit dem Griffel in Zusammenhang bleibt. Das aus der Wand des Fruchtknotens enstandene Pericarpium ist eine trockene, dünne Membran, welche bei den meisten Arten sich an den Samen schmiegt, jedoch nicht mit ihm zusammenwächst, höchstens an der Stelle des Funiculus. Nach Rohrbach[2]) findet ein Zusammenwachsen der zwei Theile bei einigen Arten statt, doch wird dies, meine ich, wohl nur ein stärkeres Anschmiegen sein. Die äusseren Zellen des Carpells sind übrigens nicht verdickt. Die Struktur des Carpells hat unleugbar gewisse Aenlichkeit mit derjenigen der Nussfrucht, weil das Endocarpium thatsächlich mehr oder weniger aus sclerenchymatischen Zellen besteht und mit einem sehr dünnen Epicarpium, welches nur aus einer Zellschicht besteht, bedeckt ist, trotzdem aber mehr membranartig bleibt. Gross ist auch die Aehnlichkeit mit einer Caryopse, nur fehlt — einige Fälle ausgenommen — das Zusammenwachsen mit dem Samen. Dies alles in Betracht gezogen, scheint es, als ob die Frucht von Typha einen Uebergang zwischen Nuss und Caryopse bilde und es wäre am richtigsten, sie nussartige Caryopse zu nennen.[3])

Der Griffel und die Narbe auf der Fruchtspitze brechen leicht ab, so dass sie bei einigen Arten schon am Blüthenstande fehlen. Den langen Fruchtstiel bedecken bis zum Fruchtknoten Trichome, deren Entwickelung schon oben erörtert wurde. In Bezug auf den Werth dieser Gebilde gehen die Ansichten auseinander, eine grosse Anzahl von Forschern[4]) hält sie für Perigon, Einzelne deuten sie mit Berücksichtigung der Entwickelungsprocesse als Perigontrichome,[5]) nur Wenige betrachten sie schlechterdings als Trichome der Blüthenaxe.[6])

Aus Gründen, welche ich weiter unten angeben werde, schliesse ich mich der Ansicht des Letzteren an und halte diese Gebilde nur für Trichome der Blüthenaxe, welche bei der phylogenetischen Entwickelung der Gattung sich nur unter dem Einfluss zwingender Nothwendigkeit in grösserem Masse entwickelten.

Weiter oben wies ich darauf hin, dass diese Trichome bei beginnender Entwickelung sich wie die Uebrigen verhielten, dass weiterhin ihr Wachsthumsverlauf derselbe sei, desgleichen stimmen sie mit

---

[1]) Rohrbach, l. c. S. 71.

[2]) l. c. S. 71.

[3]) Caryopse in dem Sinne wie Göbel angiebt l. c. S. 484.

[4]) Schnizlein, l. c. S. 6; Reichenbach, l. c. S. 1; Čelakowsky, l. c. S. 627.

[5]) Rohrbach, l. c. S. 69; Schur, l. c. S. 198.

[6]) Eichler hält sie für annehmbar, l. c. S. 112; Koch, l. c. S. 591; Richard, l. c. S. 199.

den auf dem männlichen Blüthenstandboden befindlichen Trichomen überein und weichen von letzteren insofern ab, als sie Gefässe überhaupt nicht besitzen und nur die am Boden der Axe stehenden von complicirterer Structur sind, während die weiter oben stehenden, insbesondere diejenigen der stempellosen, sterilen Blüthen eine viel einfachere Zusammensetzung haben und oftmals aus nur einer Zellenreihe bestehen. Dass sie vor dem Fruchtblatte auftreten, beweist nichts, denn es bilden sich ja auch nach dessen Schliessung immer neue Trichome.

Die Trichome treten sowohl am Pistill, als auch an der Axe steriler Blüthen auf und wechseln sehr an Zahl: meistens sind es 38—40, doch variiren sie zwischen 30—50.[1]) Das Abzählen ist ihrer Zerbrechlichkeit und ihres dichten Standes wegen sehr schwierig. Ihre Stellung ist der der Blüthen an der secundären Blüthenstandsaxe einigermassen analog, indem sie an den unteren Theilen der Axen dichter auftreten und gegen die Spitze hin allmählich abnehmen; doch konnte ich eine sichere Regelmässigkeit in ihrer Stellung nicht auffinden.[2]) Die scheinbare Vertheilung in Gruppen war die einzige Regelmässigkeit, welche ich antraf. Sie bilden nämlich meistens drei von einander durch nicht sehr grosse Zwischenräume getrennte, regellose Zonen-Gruppen, welche aber mittelst ausser ihnen stehenden Trichomen mit einander verbunden sind. An einzelnen langgestielten Blüthen ist die Zahl der Zonen-Gruppen eine grössere (4—5), an anderen wieder kleiner, bei den ganz sterilen Blüthen treten sie nur in einer Zonen-Gruppe auf. Jene scheinbare Regelmässigkeit ihrer Stellung ist mehr von äusseren Einflüssen wie Druck u. s w. — und von den Wachsthumsverhältnissen der Axe abhängig. Und wie wenig sie an einen Ort gebunden sind, beweisen 1—2 Fälle, in welchen ich ihre Anfänge auch an Fruchtknoten und Griffel fand. Jene scheinbare Regelmässigkeit führte Celakowsky[3]) zu der Ansicht, die einzelnen Gruppen für entsprechende Perigonblätter, welche im Laufe der Entwickelung „zerschlitzt“ und gefranst worden, zu halten. Dagegen spricht aber deren regellose und wechselnde Stellung, ihre Entwickelung und die variirende Zahl der in einer Gruppe oder Zone vereinigten Glieder u. A.

Auffallend ist es, dass die Spitzen der in verschiedener Höhe auftretenden Trichome in gleicher Linie stehen, ganz so wie die Narben der Blüthen des secundären Blüthenstandes. Dies bringen einerseits die Verschiedenheit der Entstehungszeit und die Kontinuität der Entwickelung zu Stande, andererseits aber wird diese Stellung durch den Druck, welchen die Blüthen der primären Axe ausüben, verursacht.

Nach all dem halte ich jene Erklärung, nach welcher diese Trichome nur die Pubescenz der Blüthenaxe bilden, allein weder ihr Perigon noch Perigon-substituirende Trichome sind, für die wahrscheinlichste.

Da aber die gedrängt stehenden einzelnen Blüthenaxen es kaum nöthig haben, von einer Pubescenz geschützt zu werden, so muss man annehmen, dass sie eine andere Bestimmung haben. Näheres Zusehen überzeugt uns thatsächlich davon, dass die Trichome hier eines bestimmten Zweckes halber gebildet sind, namentlich ist es ihre Aufgabe, Lücken zwischen dichtstehenden Blüthen auszufüllen und somit den Blüthenstand als Ganzes vor äusseren Einflüssen zu bewahren, in zweiter Linie sind sie nothwendig zur Verbreitung der Frucht und zwar bei der Weiterbeförderung durch den Wind, dann um die Frucht

[1]) Schnizlein (l. c. S. 6) erwähnt 50—60.
[2]) Göbel, l. c. S. 402.
[3]) l. c. S. 627.

im Wasser schwimmend zu erhalten und gegen das Ufer treiben zu lassen, so dass sie an feuchten Stellen gefahrlos zu keimen vermag.[1])

Bekanntlich trennen sich nach einer gewissen Zeit die reifen Früchte von der sie tragenden Axe ab: der Grund dieser leichten Trennung liegt darin, dass die Axe während des Wachsthums in ihrem unteren Theile ein bis zwei Reihen mehr oder weniger isodiametrische Zellen hervorbringt, welche früh absterben und so die erwähnte überaus leichte Trennung möglich machen.

b) Der Samen.

Den ganzen Innenraum der Frucht erfüllt ein Samen, dessen Wand sich eng an die der Frucht anschmiegt. Der Samen ist ein sehr kleiner cylindrischer Körper, an einem Ende etwas zugespitzt, am andern mehr oder weniger stumpf verlaufend.

Aeusserlich sind die abgerissenen Theile des Funiculus an dem Nabel zu sehen, daneben das um das Exostom und Endostom gebildete Operculum.

Die Oberfläche des Samens ist glatt, oder aber in Folge des Zusammenfallens der Längswände der äusseren Hüllzellen etwas uneben.[2]) Seine einzelnen Theile wurden von mehreren Forschern mit ungleichem Erfolg beschrieben,[3]) doch fehlt bis heute eine erschöpfende, bis zu den mikroskopischen Einzelheiten gehende Beschreibung. An einem Quer- oder Längendurchschnitte eines Samens treffen wir — von Aussen nach Innen gehend — folgende Einzelheiten an: die äussere Samenschale (testa), die innere Samenschale (tegmen), das Samencweiss (albumen) und den Keim (embryo). (T. II, Fig. 11—14.)

Zwei Schichten der Testa sind an dem Schnitte gut wahrzunehmen und von einander zu unterscheiden, doch kann man sie nicht leicht von einander trennen. Die Zellen der inneren Schale sind zusammengefallen und eingeschrumpft, so dass ihre Wände und Hohlräume sich nur am halbreifen Samen unterscheiden lassen, übrigens sind es gestaltlose Membranen; dagegen sind die Zellen der äusseren Schale mehr oder weniger gut erkennbar. Beide Schalen bestehen aus zwei Zellenschichten, welche nur vermittelst Behandlung mit Reagentien sichtbar werden. Die Wände der äusseren Zellen der Testa sind etwas gebräunt, die inneren haben eine gelblich-braune Färbung; die äusseren Zellen der inneren Schale sind dunkelbraun, die inneren goldgelb. (T. II. Fig. 12—14.)

Die Aussenzellen der äusseren Schale sind im Querschnitte ziemlich gross, in der Richtung des Radius etwas gestreckt. Sie bilden übrigens längs des Samens gestreckte Parallelogramme, deren kürzere Wände stärker und zwar tüpfelförmig verdickt sind. Sie zeigen auch jene Schicht, welche wegen der auffallenden Form ihrer Zellen im Querschnitte, Rohrbach[4]) „Maschenschicht" benannte. Die Zellen sind auch an den nach der Mitte des Samens gerichteten Wänden verdickt, diese Verdickung erstreckt sich auch auf die Seitenwände. Wie die vorige Schicht aus den äusseren Zellen der äusseren Samenknospen-

[1]) Dr. F. Hildebrand. Die Verbreitungsmittel der Pflanzen. 1876. fig. 6. S. 73. Die Trichomen der Frucht stehen nach dem Abfallen auseinander, können aber nicht leicht ganz zurückgeschlagen werden, wegen der am Grunde des Trichomes stehenden kürzeren Zellen.

[2]) Schnizlein, l. c. S. 7.

[3]) Schnizlein, l. c. S. 6; Schur, l. c. S. 306; Rohrbach, l. c. S. 71; Schleiden, Grundzüge der wiss. Botanik. 1869. S. 536.

[4]) l. c. S. 72.

hülle hervorging, so entwickelt sich aus den Zellen der inneren Hülle die folgende Schicht, welche aus an allen Seiten stark verdickten, schmalen, mit ihren Längsdurchmessern jedoch querstehenden Zellen gebildet ist, an denen die mehr oder minder starke zapfenförmige Verdickung gut wahrzunehmen ist.

Die Zellenschichten der inneren Samenschale bestehen aus Zellen mit starkverdickten Wänden, deren Hohlräume nur nach Behandlung der Zellen mit Kalihydrat zu sehen sind, da sie in Folge des Druckes und des Vertrocknens sehr zusammenschrumpfen. So weit ich es erkennen konnte, sind die Zellen in der Ebene des Querschnittes gestreckt und haben einen sehr geringen Durchmesser in der Breite und Dicke. Diese Struktur der Samenschale ist bei sämmtlichen Arten konstant, Abweichungen finden sich in der Form der Zellen der verschiedenen, insbesondere der obersten Schichten. Diese Abweichungen benutzte Rohrbach unter Anderem als Unterscheidungskriterium der Arten.

Noch zwei Eigenthümlichkeiten an der Spitze und an dem Grunde der Samenschale müssen erwähnt werden, an beiden Stellen hat sich die Samenschale abweichend von ihren übrigen Theilen entwickelt.

An der Spitze des Samens, d. h. an seinem dem Deckel gegenüberliegenden Ende, sind die Schichten der Samenschalen stärker entwickelt, da hier die Zellen der dickeren Samenknospenbasis an der Bildung der Schale mit theilgenommen haben, und thatsächlich sind die Schichten hier nicht nur von abweichender Struktur, sondern auch dicker als an anderen Stellen. (T. II, Fig. 11.) Die äussere Schicht der Aussenschale zeigt keine Veränderung; hingegen besteht schon die innere Schicht aus mehreren (2—3) Zellenreihen, deren Wände weder verdickt noch gefärbt sind. Die äusseren Schichten der inneren Schale sind hier aus zwei bis drei mehr längs des Fruchtknotens gestreckten, unverdickten Zellen gebildet und nur wenig gefärbt. Endlich besteht auch die innere Schicht der inneren Schale hier aus mehreren Zellen, welche eine polyedrische Gestalt und wenig verdickte Wände besitzen, aber schon gefärbt sind. Die Abweichung besteht also hauptsächlich darin, dass die Zellen der einzelnen Schichten in grösserer Anzahl vorhanden sind, und dass die Wandverdickung fehlt. Die normal gestalteten Samenschalenschichten reihen sich in allmählichem Uebergang an diese spitzenständigen Schichten.

Anlässlich der Gestaltungsverhältnisse der Samenknospe erwähnte ich auch die des Samendeckels, derselbe befindet sich auf der reifen Frucht. Die durch die Aussenzellen der äusseren Hülle gebildete Wölbung wächst, wenigstens an der einen Seite [1]) mit dem Funiculus zusammen und bildet nach ihrer Abtrennung vom Samen einestheils den Nabel, in welchen der unter der Wölbung befindliche, von den inneren Zellen der äusseren Hülle ausgefüllte Theil und das Samendeckelende eingelassen sind. Sowohl die durch die äussere Hülle gebildeten Zellen der Wölbung, als auch die diese ausfüllenden Zellen verschrumpfen an der Spitze des reifen Samens bis zur Unkenntlichkeit, ihre Wände sind nur noch als Lappen aufzufinden. Unter diesen lagern sich dann die Samendeckel. (T. II. Fig. 11.)

Der innere aus zusammengefallenen Zellen der Samenschale gebildete Deckel überwölbt den an der Spitze des Keimwürzelchens liegenden Samentheil und dringt in den Ansatz des äusseren Deckels ein. Darüber liegt der äussere Deckel mit seiner concaven Oberfläche vom Samen abgewandt.

Bemerkenswerth ist noch, dass an dem Punkte des inneren Deckels, wo die innere Hülle sich zu krümmen beginnt, die Zellen nicht ganz zusammengefallen und ihre Wandungen nicht in dem Maasse

[1]) Le Maout et Decaisne. Botanique. p. 627.

verdickt sind, wie die der übrigen und man an diesen Punkten die Form der Zellen mehr oder weniger gut erkennen kann; weiterhin, dass der äussere Deckel an der Berührungslinie mit der äusseren Schicht der inneren Schale ziemlich lose zusammenhängt und endlich, dass in der, zwischen den Samendeckeln und der inneren Samenschale liegenden Ringhöhlung die Zellenwände zerfallen und zum Theil verloren gehen. (T. II. Fig. 13.)

Von den Samenhüllen umgeben finden wir das Sameneiweiss und den Keim: Ersteres besteht eigentlich aus zwei Theilen, nämlich: einem äusseren Theile, dem Perispermium und einem inneren, dem Endospermium. (T. II. Fig. 13—14.)

Schon bei Erörtern der Entwickelung des Embryosackes erwähnte ich, dass eine Zellenreihe des Samenknospenkernes unversehrt bleibe (T. II. Fig. 6). Dieselbe wird auch bei der Entwickelung des Endospermiums nicht verdrängt, so dass sie zwischen diesem und den Samenschalen immer zu finden ist, als Ueberbleibsel der Zellen des Samenknospenkernes, als Perispermium. Die Zellen des Perispermiums sind von denen des Endospermiums an Form und Inhalt verschieden. Ihre Form ist ein plattes Prisma von gleichem Breiten- und Längendurchmesser, mehr der Samenlänge nach gestreckt. Der Inhalt besteht grösstentheils in sehr winzigen Aleuronkörnchen, wovon eine Behandlung des Querschnittes mit Jod leicht überzeugen kann: es blauen sich dadurch die Zellen des Endospermiums, die Perispermiumzellen hingegen werden gelb. Das Sichtbarwerden der Letzteren wird erschwert durch ihre äusserst dünnen Wände, ihren verschwindend kleinen Umfang im Vergleich zu den übrigen Zellen der Samentheile und endlich durch ihr inniges Anschmiegen an die zusammengeschrumpfte innere Schicht, der Samenschale. In dem Perispermium liegt das Endospermium; um das Keimwürzelchen herum nur eine dünne Schicht bildend, beginnt es sich von hier an zu verdicken und erreicht ungefähr in der Mitte des Samens seine grösste Dicke, bald wieder abnehmend ist es an der Spitze des Keimes höchstens 2—3 Zellenschichten stark. An den dicksten Stellen besteht es aus 3—5 Zellenschichten.

Die Zellen sind regellos polyedrisch gestaltet, die grösste Gleichförmigkeit zeigen noch die an der Grenze des Perispermiums befindlichen, wo sie mehr oder weniger regelrechte Fünf- oder Sechsecke bilden. Neben Aleuron erfüllen viele kleine Amylumkörnchen die Zellen. Durch Pfeffer's [1]) Bemerkung, nach welcher in den Endospermiumzellen von Sparganium keine Zellkerne zu finden seien, veranlasst, stellte ich auch bei Typha diesbezügliche Versuche an. Trotz der verschiedensten Zellkerntinctionen war ich nicht im Stande, einen bestimmten Zellkern wahrzunehmen; dagegen zeigte die Hülle der Aleuronkörnchen die mannigfaltigsten Tinctionen. Gleiche Untersuchungen an den Perispermiumzellen gaben auch keinen bestimmten Erfolg, weshalb ich meine Ansicht über diesen Punkt hier noch nicht ausspreche und mir denselben für später zu veröffentlichende Untersuchungen vorbehalte.

Bemerken kann ich noch, dass auch die Winzigkeit und gedrängte Stellung der Zellen die Beobachtungen stark hindern. Das Endospermium ist übrigens mehlig, wenig fleischig, hart und spröde.

In der Richtung der Samenaxe, umgeben vom Endospermium, befindet sich der im Vergleich zu den übrigen Samentheilen grosse Keim (T. II. Fig. 11, 14); er ist um weniges kürzer als der Samen. Der Embryo besizt einen mehr oder minder cylindrischen Körper, dessen Wurzelende dicker und stumpfer ist als die Spitze. Das Ende des Würzelchens wölbt sich bei dem ausgebildeten Keime plötzlich und

[1]) Dr. W. Pfeffer, Unters. ü. d. Proteinkörner etc. Pringsheim, Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. VIII. S. 484.

ist im Vergleiche zu den übrigen Theilen stark verdickt. Beiläufig bemerkt befindet sich am unteren Drittel des Embryokörpers die mehr oder minder halbkreisförmige oder parabolische [1]) und nicht, wie Maout [2]) angiebt, kreisförmige Keimblattspalte. An der Radicula findet sich noch oft der Ueberrest des Embryoträgers.

Der Keimkörper und das Keimblatt bestehen aus dünnwandigen, dichtgelagerten Zellen, welche sechseckig, an der Oberfläche jedoch etwas gestreckt sind. An einem Querschnitte des Keimblattes sieht man die von grösseren Zellen umgebenen und in der Richtung der Axe kleiner geformten, dichtstehenden Zellen, welche zum procambialen Bündel der Keimpflanze gehören und durch die ganze Länge des Keimblattes sich erstrecken; sie schliessen sich an die, unter dem Vegetationskegel des Keimes befindlichen procambialen Bündel an. Ein Längsschnitt durch die Spaltenrichtung zeigt in der durch das Keimblatt gebildeten Höhlung das ziemlich entwickelte erste Laubblatt und die dahinter stehenden Vegetationskegel, deren Formenverhältnisse denen von Sparganium ähnlich sind. Uebrigens sind sämmtliche Zellen des Keimes mit Aleuron gefüllt; der Zellkern ist aber äusserst klein und stark zusammengedrückt.

In den inneren Zellen des Samens sind sonach grosse Mengen von Amylumkörnern [3]), Aleuron und Oel.

Die Amylumkörner haben ihren Platz ausschliesslich in den Endospermiumzellen und fehlen im Keime und Perispermium. Hiervon kann man sich durch die Behandlung der Querschnitte des Samens mit Jodtinktur überzeugen, wodurch das Perispermium und die Embryotheile gelb, das Endospermium aber gebläut wird. Die Amylumkörnchen sind sehr winzig, so dass ihre Gestalt erst bei sehr starker Vergrösserung wahrnehmbar wird, doch lässt sich ihre Struktur auch bei stärkerer Vergrösserung noch nicht untersuchen. Einzeln kommen die Körnchen auch vor, öfters aber gehäuft. Ihre Untersuchung wird überdies noch dadurch erschwert, dass sie meistens mit den grossen Aleuronhaufen zusammen vorkommen. Ihr Umfang ist nicht immer kreisförmig, sondern durch äussere Eindrücke ungleichmässig, daher oft von polyedrischer Gestalt.

In grösserem Maasse als das Amylum ist jedoch das Aleuron in den Zellen verbreitet, denn es kommt sowohl im Endospermium als auch im Perispermium und in dem Keime vor, was schon Hoppe [4]) und Hartig [5]) erwähnen. Das Aleuron erscheint nach der Art der Zellen in verschiedener Form. Namentlich liegt es im Perispermium als kleines, rundes Körnchen und ist so winzig, dass ich nicht im Stande war, seine Gestalt ganz scharf zu bestimmen. Das im Endospermium vorkommende Aleuron bildet Krystalloid-Gruppen, welche die Mitte der Zelle einnehmen und von Amylumkörnchen dicht umgeben sind. Diese füllen die Zwischenräume zwischen der Zellwand und den Krystalloiden aus, drücken sich jedoch auch selbst in Letztere ein. Dies alles stimmt überein mit den Beobachtungen Hartig's [6]) an Sparganium. Ob diese im Mittelpunkt der Zellen liegende Krzstalloidgruppe im Zellkern entstehe,

[1]) Schnizlein, l. c. S. 7.

[2]) Le Maout et Decaisne. Botanique p. 627. Fig. m. Uebrigens ist auch die Gestalt des Keimes fehlerhaft wiedergegeben.

[3]) C. Nägeli. Die Stärkekörner. S. 547.

[4]) Pfeffer, l. c. 489; N. Jahrb. f. Pharm. v. Walz und Winkler. 1858. Bd. X.

[5]) Dr. Th. Hartig, Entwicklungsgeschichte des Pflanzenkeims. Leipzig 1858. S. 112.

[6]) Hartig, l. c. T. IV. Fig. 27.

wie es Trécul[1]) bei Sparganium behauptet, konnte ich nicht entscheiden. Das in den Zellen des Embryo befindliche Aleuron bildet ebenfalls Krystalloide, die entweder einzeln oder in Gruppen vorkommen. Letztere zerfallen bei Behandlung mit Ammoniak in einzelne Krystalloide. Die Krystalloide sind äusserst klein und ihre Gestalt ist nur bei sehr starker Vergrösserung ungefähr zu erkennen.[2]) Nach ihrer äusseren Gestalt gehören sie aber zu den Krystallen des hexagonalen Systems, von welchen insbesondere Hemieder, von grossen Endflächen begränzt, ausgebildet sind. Die Pyramide ist selten. Wasser oder Alkohol lösen die Krystalloide nicht auf, Glycerin schwellt sie auf; dagegen sind sie in warmem Glycerin, Terpentinöl und Benzin besser zu erkennen. In Kalihydrat schwellen sie auf.

Das im Keime und Endospermium vorkommende und insbesondere an den Krystalloidgruppen klebende Oel ist flüchtig, da es sich in kaltem Alkohol löst, in Terpentinöl und Benzin jedoch ungelöst bleibt.

5. Die Keimung.

In günstigem Boden, wie dies Sümpfe, seichte Ufer und stehende Wasser sind, beginnt der Samen zu keimen. Die Samen können ihre Keimung schon in März oder April[3]) des folgenden Jahres beginnen, doch bleibt ihnen ihre Keimfähigkeit auch im Trockenen sehr lange, so liess Schur[4]) einen vierjährigen Samen keimen. Beginn und Dauer der Keimung hängt insbesondere von der Temperatur ab; so nahm der von Schur bei 15° C. zur Keimung gebrachte Samen 28 Tage in Anspruch. Ich gebrauchte zum Theil Jensen's Keimungsapparat, zum Theil liess ich Samen in Glasschalen keimen, und hatte je nach der Temperatur abweichende Resultate: bei 18—20° C. währte die Keimung 8—10 Tage, bei 8° C. 25—40 und bei 28° C. 7—8 Tage. Beiläufig bemerke ich, dass von den gesäeten Samen nur ein kleiner Procentsatz, etwa 20—30 % keimte.

Die Trichome der gesäeten, resp. der vom Winde ausgestreuten Früchte verlieren allmählig im Wasser oder auf feuchtem Boden ihre Sprödigkeit, die im Wasser schwimmenden Früchte sinken nachher unter. Später platzt bei den meisten Arten die Samenschale an der Stelle der Längsfurche, trennt sich aber nicht immer vom Samen, sondern bleibt eine gewisse Zeit — bei *T. angustifola* z. B. sehr lange daran. So platzt nach Rohrbach's Erfahrung *T. stenophylla* im Wasser nicht auf, weil die Fruchtschale mit dem Samen ganz verwachsen ist;[5]) hingegen lässt sich die Schale nach kurzem Einweichen ablösen. Die geweichte Samenschale quillt auf und in Folge der Streckung des Keimblattes hebt die Radicula allmählich den Deckel auf und zwar so, dass im Umkreise der Samenwand an dem Punkte, wo die Wölbung beginnt, der innere Deckel platzt und der äussere Samendeckel in der Mitte aufgehoben wird, wodurch seine concave Oberfläche ein gewölbtes Ansehen bekommt. Endlich trennt sich der Samendeckel an der Kreislinie, in welcher er mit der Samenschale verbunden war, ab. In den meisten Fällen wird

---

[1]) Ann. d. sc. nat. 1858. Ser. IV. — T. X. p. 57.

[2]) Dasselbe erfuhr auch Hartig (l. c. S. 122.) Seine Meinung aber, dass die Krystalloide von Typha mit denen von Sparganium, wenigstens mit jenen, welche Radlkofer (Ueber Krystalle proteinartiger Körper. S. 57) und Schimper (Ueber Krystallisation eiweissartiger Substanzen. Zeitschr. f. Krystallogr. Bd. V. S. 131—168) beschrieben, übereinstimmen, kann ich nicht unterstützen.

[3]) Letztere Angabe nach Richard l. c. S. 197.

[4]) l. c. S. 179.

[5]) l. c. S. 71.

der Samendeckel blos bei Seite geschoben und bleibt an einem Punkte mit der Samenschale in Verbindung. Wahrscheinlich an der der der Keimblattspalte entgegengesetzten Seite, wie dies auch Schur[1]) behauptet und was auch der Stelle der Samennath entspräche. Der Prozess der Keimung[2]) entspricht dem Typus, welchen Klebs[3]), als den sechsten Typus der Monocotyledonen bezeichnet. Nachdem der Samendeckel bei Seite geschoben worden, drängt das gestreckte Keimblatt die Radicula hervor und beschreibt, unterdessen das Wurzelende erdwärts biegend, gewisse Krümmungen. Die Radicula schwillt sehr früh an und entwickelt aus den oberhalb der Wurzelhaube liegenden Zellen Wurzelhaare; später streckt sich das Keimblatt mehr und auch die Entwicklung der Hauptwurzel beginnt. Nach ihrer Bildung erscheint nicht sehr hoch über dem Trichomenkranz aus der jetzt verlängerten schmalen Keimblattspalte das erste Blatt. Eine gewisse Zeit lang entwickeln sich sowohl das erste Blatt, als auch die Hauptwurzel weiter fort, später erscheint die Spitze des anderen Blattes, nicht sehr tief darunter der Vegetationskegel der ersten Nebenwurzel; während dessen wächst die Hypocotyle und die Hauptwurzel weiter. Hierauf tritt das dritte Blatt auf und mit ihm die Vegetationsspitze der zweiten Nebenwurzel.

Während des Wachsthums der Wurzeln und Blätter bringt auch der Vegetationskegel des Stammes immer neue Blätter hervor und die Pflanze erreicht ihre definitive Gestalt. Nach stärkerer Entwickelung der Nebenwurzeln verliert sich die Hauptwurzel, doch verbleibt ihr Stummel, insbesondere der angeschwollene Theil des Keimes noch lange, bildet jedoch nicht die Entstehungsstelle der Rhizomenäste, wie dies Schur (S. 181) meint, denn diese werden in den Achseln der Blätter hervorgebracht.

Das Keimblatt krümmt sich zu Beginn seines Wachsens, streckt sich späterhin, färbt sich grün, wirft die Samenschale ab und wird zum Laubblatte des Pflänzchens, stirbt jedoch bald ab. In vielen Fällen, z. B. bei *T. angustifolia*, färbt sich das Keimblatt grün, bevor noch die ersten Laubblätter sich entwickeln. Der in der Samenschale noch verbleibende Theil des Keimblattes dient zum Aufsaugen des Samenalbumens. Zu diesem Zweck erleidet er aber keine Veränderung, selbst seine oberflächlichen Zellen nehmen keine andere Gestalt an, er verhält sich so, dass man die Pflanze in der von Ebeling[4]) aufgestellten Klassification zu den Liliaceen und Juncaginaceen rechnen kann, bei welchen der im Samen bleibende Theil anatomisch nicht verändert wird — das Sameneiweiss wird von den gewöhnlichen Epidermiszellen aufgesogen. Nach dem Aufsaugen bleiben nur die schon zerfallenen Zellen des Perispermiums in der Samenschale.

Die Zellen des gestreckten Keimblattes sind länglich, dünnwandig, im einzelnen kommen Raphiden vor, seine Epidermis enthält hier und da Spaltöffnungen. Aehnlich sind auch die Zellen der ersten Blätter gestaltet.

An der Hauptwurzel fand ich nur sehr wenig Wurzelhaare. Zwischen der Hauptwurzel und dem Keimblatt resp. dem hypokotylen Glied bildet die erwähnte Anschwellung den Uebergang,

---

[1]) l. c. S. 201.

[2]) Den schon Richard in Ann. d. Museum, T. XVI, p. 228. beschreibt.

[3]) Klebs. G. Beiträge zur Morphologie und Biologie der Keimung. Unters. an dem bot. Institut zu Tübingen. Bd. I. S. 536—635.

[4]) Dr M. Ebeling. Die Saugorgane bei der Keimung endospermhaltiger Samen. Flora, Jahrg. 68, Nr. 9—10. S. 199.

dieselbe verbleibt auch nach dem Absterben der Wurzel. Im jungen Pflänzchen treten sehr früh von der Spitze des Keimblattes und der ersten Laubblätter ausgehend, die Gefässstränge auf, aus den schon erwähnten procambialen Zellen entstehend. Diese Gefässe schliessen sich jenen unter der Vegetationsspitze des Stammes an und gehen mit ihnen vereinigt durch den Uebergangstheil in die Wurzel.

Endlich erstarkt das wachsende Pflänzchen und nimmt die oben beschriebene Gestalt an, im folgenden zweiten oder dritten Jahre blüht es.

6. Der Blüthenstand und die Hüllblätter.

Die Internodien des Blüthenstandes und Stengels verrathen schon sehr früh ihre künftige Bestimmung, und zwar lassen sich die einzelnen Glieder ausser an den schon erwähnten Zeichen hauptsächlich durch die an ihnen auftretenden abweichend gestalteten Blätter unterscheiden: bei *Typha* differiren und unterscheiden sich die von unten nach oben kleiner werdenden, zweireihig stehenden Blätter schon sehr früh von einander.[1]) An dem in der Entwickelung begriffenen und dem schon entwickelten Blüthenstande unterschied ich viererlei Internodien: 1) die unteren Stamminternodien, 2) die unteren Blüthenstandstielglieder, 3) das oberste gestreckte Stielglied und 4) die Blüthenstandsglieder. Dem entsprechend kann man die an Gestalt verschiedenen Blätter gruppiren. Namentlich sind die Scheiden der an dem unteren Stammknoten auftretenden Blätter auf die Spreite bezogen sehr kurz; zwischen der Blattspreite und der Scheide tritt eine ziemlich starke Einschnürung auf; die Scheide umfasst den Stengel an seinem unteren Theile, endlich ist die Blattspitze kaum merklich ausgerandet, was an ausgebildeten Blättern gar nicht mehr zu sehen ist.

Die zweite Gruppe bilden die Blätter des unteren Theiles des Blüthenstandstiels, an welchen die Scheide sich stärker entwickelt als die Spreite, sie ist breiter und die Blattspitzen sind stärker ausgerandet. Die Blätter besitzen ihrer Stellungshöhe entsprechend eine grössere Scheide und kleinere Spreiten, allmählich bilden sie einen Uebergang zum obersten Blatte des Schaftes — der dritten Art der Blätter — welches schon beim Beginne seiner Entwicklung stets eine den Stengel in grösserem Masse umfassende Scheide besitzt, zugleich ist dann das Blatt schmäler und an der Spitze tiefer ausgerandet. In diesem ausgebildeten Zustande ist die Scheide um vieles länger als die Spreite und so breit, dass sie den sich entwickelnden Blüthenstand vor dem Blühen ganz umfasst und bedeckt.

Zu der vierten Gruppe gehören die an den Blüthenstandsknoten sitzenden Blätter, welche von unten nach oben sich immer mehr verkleinernde und unvollkommenere Spreiten besitzen, so dass von den obersten scheinbar nur die Spitze sich entwickelt[2]), das heisst statt eines Blättchens zwei auftreten. Das unterste der Blätter steht unter dem Blüthenstande und ist so ausgedehnt, dass es den jungen Blüthenstand ganz einschliesst, es ist etwas länger als dieser und besitzt eine nur sehr kleine sweispitzige

[1]) Richard, l. c. 193; Schur l. c. 192.

[2]) Göbel, Vergl. Entwicklungsgesch. d. Pflanzenorg. S. 299.

Spreite. Das zweite Hüllblatt steht auf dem, zwischen dem weiblichen und männlichen Blüthenstand befindlichen Knoten und ist an Gestalt dem vorhergehenden ähnlich, bei den weiter obenstehenden verkleinert sich Scheide und Spreite. Selten erstreckt sich der weibliche Blüthenstand auf zwei Glieder, besitzt dann aber auch zwei Blätter. Ein eigenthümliches Kennzeichen der Hüllblätter ist noch, dass ihre Spreitspitzen tief ausgerandet sind und gleichsam zwei Spitzen haben; da aber die Hüllblätter in ihrer Jugend, an welchen Knoten sie auch stehen mögen, nur bis zur Spitze des Blüthenstandes reichen, ist zwischen ihren zwei Spitzen der Scheitel des Blüthenstandes sichtbar. Mit der Entwicklung des Blüthenstandes schreiten auch dessen Blätter im Wachsthum fort und überragen bald seine Spitze. Die unteren Blätter färben sich grün, die oberen werden gelblich und häutig. Die Blüthenstandsblätter verwelken vor dem Blühen und fallen bald darauf ab. Das Abfallen wird dadurch erleichtert, dass die Blätter in ihrer späteren Entwicklung am Grunde immer schmäler werden, so dass der mittlere Theil der Scheide am breitesten wird, ferner dass die Scheide von dem sich verdickenden Blüthenstand auseinander gesprengt und gleichsam abgestossen wird. Die Blüthenstandsblätter sind Hochblätter, welche als Hüllblätter zu betrachten sind, nicht nur aus dem Grunde weil sie den Blüthenstand bis zur Blüthezeit einhüllen, sondern auch in Folge ihrer Stellung und ihrer von den Laubblättern abweichenden Gestalt.

Der Blüthenstand besteht, wie ich erwähnte, aus zwei Theilen, aus dem unteren weiblichen und dem darüber stehenden männlichen Blüthenstande. Die weiblichen Blüthen lassen bei einigen Arten (*T. angustifolia*) den obersten Theil des Indernodiums frei, bei anderen bedecken sie ihn ganz (*T. Shutleworthii*), in beiden Fällen kommt es vor, dass die Blüthenstände sich in einander strecken. Es scheint, als ob auf diese Verhältnisse die Einhüllung durch die unteren Blätter und der Druck der Hüllblätter von Einfluss sei. Die Beschaffenheit der zwischen den beiden Blüthenständen befindlichen Grenze hängt von der Gestalt der Anheftungsfläche der Hüllblätter ab, welche unbestimmt schief und beinahe spiralig sein kann. Wenn der Grund des Hüllblattes die Axe ganz umfasst, dringen die zwei Blüthenstände nicht in einander.

Die Theile des in Blüthe stehenden Blüthenstandes zählte ich schon vorhin auf, jetzt will ich nur von denjenigen sprechen, welche nach der Bestäubung resp. Befruchtung zur Zeit der eingetretenen Reife an ihm zu finden sind; es besteht in diesem Falle der Blüthenstand resp. der Fruchtstand aus folgenden Theilen: aus einem von der weiblichen Blüthe gebildeten Theile, über welchem der schon abgewelkte des männlichen Blüthenstandes steht. Die Farbe des Fruchtstandes variirt zwischen hellbraun bis dunkelbraun, selbst schwarzbraun, einige Arten ausgenommen, an welchen die weisslichen Trichomespitzen dem Ganzen einen grauen Farbenton verleihen (*T. Shutleworthii*).

Auf dem Fruchstand finden wir folgende Gebilde: 1) Die samentragenden Früchte, 2) die samenlosen (tauben) Früchte, bei welchen der Fruchtknoten die normale Länge erreichte, 3) die samenlosen Früchte mit zusammengeschrumpften Fruchtknoten, 4) den metamorphosirten Fruchtknoten und endlich 5) den fruchtblattlosen, nur mit Trichomen bedeckten Axentheil. Alle diese Theile sind jedoch an dem Blüthenstand resp. an dem Fruchtstand mit einer gewissen Regelmässigkeit vertheilt.

In der Einrichtung des weiblichen Blüthenstandes sind drei Gesichtspunkte zur Geltung gebracht und zwar: Produktion möglichst vieler Samen an ein und demselben Orte, die Ausfüllung der Zwischenräume zwischen den wachsenden Gebilden und die Schliessung der oberen Enden der Gebilde, die zwei letzteren Vorgänge dienen hauptsächlich zum Schutze gegen äussere Einwirkungen. Zur Ermöglichung

der grossen Productivität an dieser Stelle treten an der Axe zahlreiche Höcker auf, für deren Vergrösserung kein Platz wäre, wenn nicht unterdessen die Axenoberfläche auch an Umfang zunehmen würde. An der vergrösserten Oberfläche der Axen haben dadurch die Gebilde jetzt Raum, doch während des weiteren Wachsthums bilden sie eine immer grössere Fläche, indem sie sich höher erheben und die Schliessung bleibt in Folge dessen unvollkommen. Zur Vollendung dieser und zur Ausfüllung der Zwischenräume der Gebilde dienen insbesondere die an verschiedenen langen Stielen sitzenden Fruchtknoten, die auf dem secundären Blüthenstande befindliche Frucht und die Blüthe mit dem umgebildeten Fruchtknoten. Zum Zwecke der Ausfüllung der Zwischenräume, welche zwischen den ziemlich dichtstehenden Gebilden noch bleiben und zum Schutze der gegenseitig sich drückenden Fruchtknoten treten die Trichome auf.

Wenn wir den Querschnitt eines solchen Blüthenstandes betrachten, so lassen sich an ihm folgende Theile unterscheiden: den Mittelpunkt nimmt die Axe ein, darauf folgen die Stiele der weiblichen Blüthen und die unteren Theile des secundären Blüthenstandsstieles, hierauf die mit grosser Oeconomie angelegte Fruchtknoten- resp. Fruchtschicht, über diesen die birnenförmigen Gebilde, welche die ersteren gleichsam bedecken, schliesslich die Trichomenden und die hervorstehenden Narben. Daraus ist ersichtlich, dass die birnenförmigen Gebilde und die Trichome als zum Schutze der Früchte dienend zu erklären sind.

Die Gewebe der Axe sind so kräftig entwickelt, dass der ziemlich hoch aufschiessende Stiel bis zum Abfallen der Früchte dem Winde Widerstand zu leisten vermag. Darum erreichen die Holztheile der Bündel die nöthige Stärke, auch finden sich unter der Epidermis starke Sclerenchymbündel. Die Blüthenstandsaxe besitzt ausser ihrem inneren Theil noch einen peripherischen, welcher aus nach auswärts geneigten Gefässbündeln und aus den sie begleitenden anderen Zellen gebildet worden ist. Bei einigen Arten existirt noch ein äusserer peripherischer Theil, welcher durch das Zusammenwachsen der dichtstehenden secundären Blüthenstandsaxen und Blüthenstiele entsteht (z. B. *T. angustifolia*).

Der vorhergehend charakterisirte Blüthenstand lässt sich in keine der bekannten Blüthenstandsformen mit Bestimmtheit einreihen, weshalb über diesen Punkte die mannigfaltigsten Ansichten herrschen. Einige, insbesondere ältere Forscher nannten ihn Amentum, andere Spadix oder Spica. Einzelne umschrieben ihn wie Luerssen[1]), „kolbenförmiger cylindrischer Blüthenstand", oder Schur[2]), der ihn als ganz besonders stehend „*inflorescentia typhacea*" unterscheidet. Döll[3]) hält ihn, wie es scheint, nach A. Braun, dessen Meinung Aschersons[4]) anführt, für eine Verschmelzung einzelner Rispen. Auch spricht sich in neuester Zeit Celakowsky[5]) für letztere Ansicht aus und sucht unter allen Umständen der Döll'schen Erklärung Geltung zu verschaffen. Die von Čelakovsky vorgebrachten Argumente, welche schon Döll in's Treffen führte, wurden von Eichler widerlegt, auch spricht die Entwickelung des Blüthenstandes dagegen. Ein neueres Argument aber, nach welchem der Blüthenstand von *Sparganium simplex* auch einige Aehnlickeit mit dem von *Typha* aufwiese, ist hinfällig, denn die später zu behandelnde

[1]) Handb. d. syst. Bot. Bd. II. S. 324.
[2]) l. c. 188.
[3]) Flora v. Baden I. S. 445.
[4]) Flora v. Prov. Brandenburg p. 674—75.
[5]) Flora 1885.

Blüthenstands-Entwickelung von *Sparganium* zeigt vielmehr, dass die in den Achseln der Blätter erscheinenden Seitenaxen durch die Streckung der Hauptaxe entweder über das Hochblatt gehoben werden, oder aber dass die Bodenfläche des Triebes auch gestreckt wird, ohne dass der den Blüthenboden bildende Theil des Blüthenstandes der Axe näher kommt oder seinen Stiel verkürzt. Die Hauptaxe wächst mit den Trieben nicht zusammen, doch werden die Flächen des letzteren in der Richtung der Axe in die Länge gezogen.

Es sind zahlreiche Gründe vorhanden, die gegen diese Auslegung Celakovsky's sprechen, welche übrigens nur aus einer Zusammenstellung von Kunstausdrücken besteht und welche schon nach Göbel nichts anderes ist als „eine Umschreibung auf Grund einer unbewiesenen Voraussetzung."[1])

Für richtiger erachte ich es, diesen Blüthenstand, fern von allen Auslegungen, nach seinen Entwickelungs- und morphologischen Verhältnissen zu beurtheilen. Und da er nach diesen zu bestimmt charakterisirten Blüthenständen nicht gezählt werden kann — was auch nicht nothwendig ist — so berücksichtige ich einfach ihre Kennzeichen und nenne ihn nach Schnizleins Ausspruch: „ich bezeichne die Sache wie sie scheint und erkläre möglichst, wie sie ist" einen „kolbenförmigen Aehren-artigen" Blüthenstand und jeder unbefangene Beobachter wird diese Bezeichnung für richtig anerkennen.

Zum Schlusse muss ich noch der an dem Blüthenstand von *Typha* auftretenden Unregelmässigkeiten gedenken. Namentlich sind dies:

1) Das Ineinanderstrecken des weiblichen und männlichen Blüthenstandes, dessen Ursache ich weiter oben vortrug.
2) Die Ausdehnung des weiblichen Blüthenstandes auf zwei Internodien.
3) Entwicklung von nur einem und zwar männlichen Blüthenstande am Blüthenstandsstiel.
4) Statt einer weiblichen Blüthenstandsaxe treten oft angeblich zwei oder mehr nebeneinander auf[2]).

Ich halte es für unnöthig, ausführlicher zu beweisen, dass wir es hier mit einer Spaltung der Blüthenstandsaxe, auf einfachem mechanischen Wege hervorgerufen, zu thun haben, wovon ein Querschnitt in der Höhe der Blüthenstände überzeugen kann. Bei den untersuchten Exemplaren standen auf der Oberfläche des Spaltes keine Blüthen, sie beugte sich nur darüber, und sind somit Zwillingsblüthenstände nicht nach allen Seiten hin vollkommen ausgebildet, wie dies einige Forscher behaupten. Der Spalt wird wahrscheinlich durch den wechselseitigen Druck der Gebilde und der Gewebe verursacht.

[1]) l. c. p. 394.

[2]) Dr. Borbás Vince. „Ikerbuzogány". Orsz. Középt. tanáregylet Közlönye XIV. 286 l.
— Zur Verbreitung u. Teratologie von *Typha* u. *Sparganium*. Oesterr. bot. Zeitschr. 1886. S. 81—85.

Zweiter Theil.

Die Blüthenorgane der Gattung Sparganium Tourn. und deren Abkömmlinge.

1. Das Verhalten des Axentheils vor und während der Blüthezeit.

Die Entwickelungsverhältnisse von *Sparganium* Tourn. sind noch wenig bekannt, zu meiner Untersuchung diente nur die Art *Sp. ramosum* Huds. Dass mir die übrigen Arten nicht zu Gebote standen, bedauere ich sehr, es hätten sich gewiss in manchen Beziehungen, Abweichungen gezeigt.

Sparganium vegetirt und wächst unter denselben Umständen und in derselben Weise wie *Typha*. Das einjährige oder im vorigen Jahre aus dem Wurzelstocke entstandene Individuum ist von niedrigem, doch dicken Stamm, an dessen sehr nahe aneinander stehenden Knoten die Blätter in geschlossenen Scheiden stehen; aus seinem unteren Theile entstehen zahlreiche Nebenwurzeln. An dem sehr flachen, aus den jungen Knoten kaum hervorragenden Vegetationskegel (T. III. Fig. 1) entsteht in jeder Blattachsel eine Knospe, welche entweder zu einem Wurzelstockzweige oder aber nach dem Absterben der Mutterpflanze zu einem oberflächlichen Stamm auswächst. Charakteristisch ist, dass die an der Vegetationsspitze auftretenden Blätter schon im Beginne ihrer Entwicklung zwei Drittel des Stengelumfanges besetzen, dass weiterhin das zu Ende des Sommers entstandene Blatt des sterilen Stammes stärker und dicker ist als die übrigen und gleichsam zum Schutze einiger jüngeren Blätter und der Vegetationsspitze dient (Taf. III. Fig. 1—2). Im nächsten Frühjahre (April, Mai) strecken sich die unmittelbar oberhalb des Schutzblattes stehenden Knoten ein wenig, in Folge dessen der Vegetationskegel — der sich im Frühjahre zu strecken und zu wölben beginnt, etwas emporgehoben wird. Die bisher erzeugten Blätter sind vom Beginn ihrer Entwickelung unversehrt, die folgenden sind jedoch an ihrer Spitze immer mehr ausgerandet, doch nicht in dem Masse wie bei *Typha*.

Die Blätter an dem seitwärts noch ziemlich flachen, doch sich schon stark wölbenden Vegetationskegel bekommen auch in ihren Achseln Höcker, welche entsprechend den Blättern, in zwei Reihen stehen. (T. III. Fig. 3).

Sobald die Vegetationsspitze in grösserer Masse gestreckt und die auftretenden Blattspitzen mehr ausgerandet sind, verändern die Höcker in den Achseln ihre Gestalt, auch hört dann die zweireihige Stellung der Blätter auf. Die Höcker stehen in Folge dessen nicht zweireihig, auch umfängt der Grund der Blätter jetzt kaum mehr den vierten Theil der Axe.

Anfangs sitzen die Höcker auf breitem Boden und sind gewölbt, in ihrem weiteren Entwickelungsverlaufe verändert sich ihr Boden wenig, doch sie selbst werden mehr oder weniger viereckig und scheiden sich schon früh in einen dünneren unteren (Stiel) und in einen dickeren oberen Theil (T. III. Fig. 3), besonders sind es die unteren Höcker, welche sich nebenbei noch strecken, mit von unten nach oben abnehmender Intensität. An den gestreckten Höckern erscheinen in den Achseln von winzigen Blattanfängen der oben erwähnten, ähnliche Höcker, d. h. die unteren Höcker entwickeln sich zu secundären Axen, auf welchen wieder Höcker, diejenigen der tertiären Axen, auftreten und sich ebenso verhalten wie die der primären Axenspitze nahe stehenden Höcker. Schliesslich stellen die Spitzen der primären und secundären Axen ihr Wachsthum ein und die Bildung neuer Höcker hört auf. Die am Ende der primären Axe stehenden Höcker sind die am weitesten entwickelten, schon die weiter unten stehenden secundären bleiben in der Entwicklung zurück, so dass die untersten nur sehr wenig entwickelt sind. Bei *Sparganium* bestätigt sich die von Thilo Irmisch[1]) gemachte Angabe, nach welcher in jeder Blattachsel eine Knospe auftritt, von welchen sich die unteren zu Wurzelstockzweigen oder zu oberirdischen Stengeln, die oberen hingegen zu Blüthenstandsaxen ausbilden; die ersteren halten streng die zweireihige Stellung ein, von den letzteren hingegen nur die untersten zu secundären Axen sich entwickelnden Höcker. Ich untersuchte zahlreiche Individuen, konnte aber keine zweireihige Stellung auffinden. Die Höcker der primären Axe bilden ungefähr vier Reihen, die der secundären Axe ungefähr 3 Reihen, d. h. an ihrer der Axe zugewandten Seiten, kommen selten Höcker vor, so dass die secundären Axen mit ihren Blüthenständen aussehen wie ein Cylinder, dessen gegen die Hauptaxe zu liegende Seite nur wenig, die andere hingegen stark gewölbt ist. Diese Stellung der Höcker wird durch den grossen Druck verursacht, sie ist desshalb zweckmässig, weil hierdurch sich mehr Höcker an der Axe bilden können, als wenn dieselben nur in zwei Reihen abwechselnd auftreten würden. Später mit der Streckung der Axe erleidet diese Stellung eine Veränderung und es zeigt die Axe bei ausgebildeten Individuen eine Torsion, als suchte sie die Höcker wo möglich in zwei Reihen zu bringen. Durch die Torsion der Axe wird also die zweireihige Stellung nicht gestört wie es Schnizlein[2]) behauptete.

Die bisher aufgetretenen Höcker sind alle Blüthenstandshöcker und nach gewisser Zeit finden wir diese Blüthenstandshöcker alle vollkommen ausgebildet vor, ohne dass an ihnen Blüthenhöcker aufgetreten wären.

Sobald nämlich die Höcker der II. Axen eine gewisse Grösse erlangt haben, beginnt am untersten secundären Höcker der Hauptaxe — im Falle sich nämlich hier der weibliche Blüthenstand entwickelt — die Bildung der weiblichen Blüthen; gleiche Höcker bilden sich an den darüber liegenden 1—2 Höckern, welche im Vergleiche zu den anderen viel grösser (3—5 mal grösser als die männlichen Blüthenstandshöcker) sind (T. III. Fig. 4). Erst hierauf erscheinen sowohl die männlichen Blüthenhöcker auf dem oberen Höcker der primären Axe, als auch mit ihnen zugleich auf der tertiären Axe die weiblichen Blüthenhöcker, endlich aber nahe an den Spitzen der secundären Axen auch männliche Blüthenhöcker. Sind auf den gesammten Höckern der primären Axe die männlichen Blüthenhöcker aufgetreten, so ist auch die Spitze zum Blüthenstandsboden umgebildet und von männlichen Blüthenhöckern

[1]) Zur Morphologie d. monocotyl. Knollen- u. Zwiebel-Gewächse. S. 175.

[2]) L. c. S. 10.

bedeckt. Allmählich nimmt auch die Bildung von Blüthenhöckern an den weiter unten liegenden Blüthenstandshöckern ab, so dass man bei den schon sehr weit unten befindlichen secundären Axen, ausser dem weiblichen nur sehr wenig männliche Blüthenstände bemerkt, noch weiter unten aber treten blos auf den 1—2 untersten Blüthenstandshöckern Höcker weiblicher Blüthen auf, die übrigen Blüthenstandshöcker verkümmern.

Das Auftreten der Höcker ist also folgendes: die primären Höcker treten in akropetaler Reihenfolge, in einer sich sanft erhebenden Schraubenlinie auf, ebenso erscheinen auf den unteren primären Höckern die secundären und auf den Höckern endlich treten so die weiblichen wie die männlichen Höcker in akropetaler Reihenfolge in der erwähnten Spirallinie auf. Im späteren Verlauf der Entwickelung können sich nur die der Spitze nahestehenden Blüthenstände entwickeln, weil sie dem kleinsten Drucke ausgesetzt sind, während die unten stehenden von den Bracteen und unteren Blättern in ihrer Entwicklung gehemmt werden. Dies ist auch der Grund, warum die in den Achseln der unteren Blätter sitzenden Blüthenstände sich nicht entwickeln und wenn sie es thun, einen langen Stiel bekommen, und zwar um so länger, je tiefer sie stehen. Eine Analogie hierzu bieten die Arten *Sp. simplex* und *Sp. natans*, von denen thatsächlich nur die untersten weiblichen Blüthenstände einen Stiel besitzen. Ich bedaure sehr, dass ich nicht untersuchen konnte, ob diese Axen über dem weiblichen Blüthenköpfchen im embryonalen Zustande nicht noch 1—2 Blüthenstands-Höcker besitzen.

Wenn wir ein vollkommen entwickeltes und blühendes *Sparganium* betrachten, so finden wir an ihm folgende Theile: zu unterst den Wurzelstockzweig, aus dessen Spitze das blühende Individuum entstammt, über ihm steht das vorjährige, verdickte, tonnenförmige untere Stammtheil mit sehr kurzen Gliedern, an deren Knoten Blätter in zwei Reihen mit kurzen geschlossenen Scheiden und langen, im Querschnitte dreieckigen Spreiten stehen, auch treten an diesen Knoten Wurzelstockknospen auf, von diesen sind die unteren schon zu mehr oder weniger entwickelten Wurzelstockzweigen geworden. Es folgen dann die vorjährig gebildeten, im folgenden Jahre nur wenig gestreckten Internodien; den vorigen in allen ihren Verhältnissen ähnlich. Ueber diesen steht das schon stärker gestreckte Internodium, mit kurzer, kaum geschlossener Scheide, doch mit noch langer Spreite; in der Achsel befindet sich ein in der Entwickelung zurückgebliebenes Blüthenstandsrudiment. Eigenthümlich ist es, dass manchmal selbst an diesem Knoten Wurzelstockknospen zu finden sind. Das jetzt folgende Internodium ist das längste des Individuums. Die darauffolgenden verkürzen sich immer mehr und werden allmählich ganz kurz. Die Blätter bestehen aus Scheide und Spreite. Die Scheide umfängt mehr oder weniger den Stamm und ist in einem, seiner Höhe entsprechenden abnehmenden Masse ausgebaucht und verkürzt, so dass über den secundären Axen Blätterscheiden nicht mehr wahrnehmbar sind. Die Spreiten verkürzen sich ebenso und werden nach oben immer kleiner und platter. Die unteren sind noch grün, doch die oberen nur schmale, häutige schnell welkende Gebilde, welche in Beginne ihrer Entwickelung die Höcker in ihrer Achsel nicht bedecken, dies geschieht in der Zeit des Auftretens der Blüthenhöcker. Die Brakteen werden aufwärts kleiner und oben ganz unvollkommen. Im Laufe ihrer Entwicklung werden einzelne in Folge des Druckes zurückgestülpt. (T. III, Fig. 3.) Uebrigens ist die Gestalt der noch grünen Hochblätter diejenige der Laubblätter; abweichend hiervon ist die Structur der nicht mehr grünen, häutigen Brakteen viel einfacher.

Die in den Achseln der unteren Blätter auftretenden Höcker entwickeln alle secundäre Axen, d. i. es erscheinen an ihnen tertiäre Blüthenstandsaxen, welche zum Blüthenstandsboden werden (T. III. Fig. 3). Doch während die auf den untersten 2—3 Stammknoten sitzenden in ihrem Wachsthum zurückbleiben, erreichen die an den oberen 2—4 Knoten auftretenden tertiären Axen ihre volle Entwickelung und zeigen das gleiche Verhalten wie die primären Axenenden, auf welchen bekanntlich die zu Blüthenstandsböden sich umbildenden Blüthenstandsaxen entstehen. Die Abweichung besteht höchstens darin, dass an den primären Axenenden die unteren secundären Axen sich nur selten in weibliche Blüthenstände umbilden, was hingegen von den seitwärts auftretenden tertiären Axen die unteren 2—4 gewöhnlich thun.

Die Blüthen erscheinen am Blüthenstandsboden ohne jeden Stiel, so dass wir die vollkommen entwickelten Blüthenstände folgendermassen charakterisiren können: die am primären Axenende resp. an den secundären Axen auftretenden Blüthenstände sind einfache Aehren, deren Axen sehr wenig gestreckt, mehr geplattet und fleischig sind, so dass sie Köpfchen genannt werden können. Sie treten ährenförmig auf der primären resp. secundären Axe — welch letztere gestreckte Internodien besitzen — auf, so dass der vollständige Blüthenstand eine aus Aehren zusammengesetzte Aehre bildet. Bei *Sp. simplex* bildet er — da die unteren Köpfchen gestielt sind — im unteren Theile eine Traube, im oberen eine Aehre.

Eigenthümlich ist es, dass die secundären Axen an den Punkten, wo die weiblichen Blüthenstände auftreten, ein wenig geknickt sind. Uebrigens besitzen die weiblichen Köpfchen einen kurzen Stiel mit länglicher Basis und einen ziemlich gewölbten Blüthenboden. Die männlichen Köpfchen ähneln den vorigen, doch sind ihre Blüthenböden weniger gewölbt und, was besonders bemerkenswerth ist, ist ihr Köpfchenstiel gut wahrzunehmen, so dass man aus ihren Auftreten an der Axe bei weitem nicht auf ein Zusammenwachsen folgern kann. Die Behauptung Čelakovsky's[1], dass das untere Köpfchen von *Sp. simplex* durch Zusammenwachsen über das Deckblatt gehoben werde, ist, wie es schon Göbel[2] nachwies, nicht stichhaltig, weil auch hier nur die Streckung des zwischen dem Deckblatt und der Seitenaxe liegenden Stammtheiles eingetreten ist, welche beide auseinander rückt, dies zu beobachten hatte ich bei *Sp. ramosum* in einzelnen Fällen Gelegenheit.

Die Form der Blüthenstandsinternodien ist verschieden, da die Glieder der Hauptaxe, so lange sie secundäre resp. tertiäre Blüthenstände tragen, eine mehr oder weniger cylindrische Form, und nur an der Seite des secundären Blüthenstandes einen eingedrückten Kanal besitzen und diesem gegenüber eine sich etwas erhebende Kante; die nur männliche Köpfchen tragenden secundären Axen sind etwas abgeplattet. Der durch Druck entstandene Kanal der Internodien beweist auch, dass bei der Entwickelung der Blüthenstände die Organe einen solchen Druck auf einander ausüben, dass man denselben als zur Formänderung beitragend unbedingt in Betracht ziehen muss. Dort, wo ein weibliches Köpfchen auftritt sind die Axen geknickt und es gehen einige Gefässbündel in die Köpfchen hinein, doch kommt es nicht vor, dass ein solches Bündel, welches das Gewebe des Köpfchens berührt, seinen Lauf fortsetzt, was auch gegen das Zusammenwachsen beider Organe spräche. Die in die Köpfchen eintretenden Bündel verzweigen sich stark, zahlreiche Knoten bildend, diese werden in der Nähe der Peripherie des Köpfchens

[1] Flora 1885. S. 621.

[2] Vergl. Entwicklungsgesch. d. Pflanzen. S. 195.

immer kleiner und bilden schliesslich die Bündelknoten der Blüthen, aus welchen das Bündel in die Blüthe tritt. In das an der Spitze stehende Köpfchen laufen die Bündel natürlich in gerader Richtung.

Die Zahl der am Blüthenstande auftretenden Köpfchen kann verschieden sein; die meisten, etwa 10—20, sind am Hauptaxenende; dagegen schwankt die Zahl der männlichen Köpfchen an den Seitenaxen zwischen 10—15, unter ihnen stehen 2—4 weibliche Köpfchen. Die Köpfchen sind bis zur vollständigen Entwickelung der Blüthen mit hüllenartigen Brakteen bedeckt; beim Freiwerden der Blüthenstände kommt das oberste zuerst aus der Scheide, die übrigen in abwärts gehender Reihenfolge, während die untersten, unentwickelten gar nicht aus den Achseln ihrer Blätter hervorkommen. Es fragt sich, welche Aufgabe haben diese untersten, unentwickelten Blüthenstände im Leben der Pflanze? In einzelnen Fällen kann es vorkommen, dass einer von ihnen sich nachträglich entwickelt und käme so ein spätblühendes Individuum zu Stande. Oder aber gleichwie die Wurzelstockknospen nach dem Absterben der Mutterpflanze sich zu einem letzten ersetzenden und Laubblätter tragenden Stamme ausbilden, so könnten vielleicht auch diese, nach eventueller Beschädigung der oberen Blüthenstände sich vollständig entwickeln und als Ersatz dienen.

2. Die männliche Blüthe.

Im Vorhergehenden bemerkte ich, dass die an den Enden der primären und secundären Axen auftretenden Höcker den Blüthenboden der männlichen Blüthenstände bilden. Diese Höcker haben Anfangs eine mehr oder weniger ausgeprägte Spitze, später jedoch verändert sich in Folge des Druckes ihre Gestalt derart, dass es sich nicht immer entscheiden lässt, wohin die ursprüngliche Spitze gekommen ist. Die unter den Höckern auftretenden Brakteen entwickeln sich anfangs sehr langsam und bedecken nicht ganz den Blüthenstandshöcker, dies geschieht erst später, nachdem bei den Brakteen ein schnelleres Wachsthum eingetreten ist, ausgenommen sie werden im Laufe des Wachsthums rückwärts gestülpt. Schliesslich, bei vollkommener Entwickelung des Blüthenstandes, bedecken sie ihn nur halb. T. III. Fig. 3.

Am Boden der wenig vergrösserten und von Brakteen noch nicht bedeckten secundären resp. tertiären Höcker erscheinen sehr winzige Höcker, und zwar in sanft ansteigender Spirallinie und akropetaler Reihenfolge. Da aber die obere Grenze des Bodens der Blüthenstandshöcker sich schon ziemlich hoch erhoben hat, so scheint es, als ob die Blüthenhöcker anfangs auch auf den Spitzen der Blüthenstandshöcker auftreten, doch zeigt eben die Reihenfolge der erscheinenden Blüthenhöcker, welcher Punkt als Blüthenstandshöcker resp. Axenspitze zu betrachten ist. Oft bleiben in Folge des grösseren Druckes die Blüthenhöcker, welche sich am Brakteen-bedeckten Axentheil befinden, kleiner und sind kaum wahrnehmbar; hingegen entwickeln sie sich an dem freigebliebenen Theile besser und es erscheinen in solchem Fall die Blüthenhöcker scheinbar basipetal. Eine genauere Untersuchung zeigt erst das Richtige. Die Vermuthung Čelakovsky's[1]) über das Vorhandensein gewisser Centren, um welche sich die Höcker entwickelten, kann ich nicht für richtig halten, denn wenn die Blüthenhöcker an den einen oder anderen,

[1]) Flora 1885. S. 625.

bei den verschiedenen Blüthenständen wechselnden Punkten sich auch stärker entwickelten, so musste ich dies den das Wachsthum unterstützenden oder aber hindernden Umständen zuschreiben.

Die Blüthenhöcker stehen äusserst dicht, so dass sie sich im Anfang an der Basis berühren, eben deshalb ist es keineswegs auffallend, dass einzelne mit einander zusammenwachsen; wenigstens musste ich es diesem Umstande zuschreiben, dass zwei Höcker noch vor dem Auftreten der Perigonblätter, dermassen nahe an einander standen, dass ich nur ihre Spitzen zu unterscheiden vermochte. (T. III. Fig. 5—6.) Eigenthümlich ist es, dass schon um diese Zeit, wo die Höcker ganz dicht stehen, einzelne Perigonblätter erscheinen. Für etwas Anderes kann ich diese Gebilde nicht halten, denn Brakteen können es schon deshalb nicht sein, weil ich diese bei den einzelnen Blüthenständen nur vereinzelt vorfand.

In Folge des Wachsthums resp. der Vergrösserung des Blüthenstandsbodens entfernen sich die Blüthenhöcker etwas von einander, zugleich streckt sich auch der Stiel der Köpfchens.

Die jetzt von einander entfernt stehenden Höcker strecken sich etwas, ihre Spitzen platten sich ab. Um diese Spitzen beginnen auf den Umfange des Bodens Perigonblätter zu erscheinen (T. III. Fig. 7—10), welche schon in einem sehr frühen Entwickelungsstadium, durch ungleiches Wachsthum der Zellen ihrer unteren und oberen Fläche sich gegen die Höcker neigen. Alsbald überragen sie die übrigen Theile der männlichen Blüthe, dieselbe ganz und lange Zeit bedeckend. Nur wenn die Staubblätter sich vollkommen entwickelt haben und sich etwas zu strecken beginnen, heben sie zugleich die Spitzen der Perigonblätter. Schliesslich, unmittelbar vor dem Blühen, werden diese von den schnell wachsenden Staubblättern bei Seite geschoben und an Höhe übertroffen. Die Zahl der Perigonblätter ist meist 3, selten mehr (4—5); ihre Form und Struktur stimmt mit derjenigen der Perigonblätter der weiblichen Blüthen überein.

Sobald die eben entstandenen Perigonblätter die Höhe des platten Höckers erreicht haben, beginnt am Umkreise des Höckers die Bildung der Staubblatt-Lappen. Dies geschieht genau so wie ich es bei *Typha* beschrieben, wesshalb ich auch die Einzelheiten hier nicht wieder anführe. (T. III. Fig. 8—11.) Bemerkenswerth ist das abwechselnde Auftreten der Staubblatthöcker mit den vorher gebildeten Perigonblättern, nur ist diese Stellung wegen des gedrängteren Standes der Blüthen sehr wechselnd, und stehen oft Staubblätter den Perigonblättern gegenüber. In einigen Fällen wird nur ein Staubblatt von seinem Platze verdrängt, die zwei anderen bleiben hingegen an Ort und Stelle. Sobald die männlichen Höcker eine gewisse Grösse erreicht haben, lassen sich, sowohl die Spitze des von Staubblättern besetzten Höckers und der etwas stärker als das Perigonblatt gehobene Anfang des Staubblattes, als auch der überaus kurze Blüthenstiel sehr gut unterscheiden (T. III. Fig. 10). Später ist in Folge des stärkeren Wachsthums des Blüthenstandsbodens dieser Stiel kaum zu sehen und es scheint als ständen die Perigonblätter und Staubblätter gesondert auf einem gemeinsamen Blüthenstandsboden. Doch währt dies nicht lange, denn der Stiel streckt sich späterhin wieder ein wenig und verräth die Zusammengehörigkeit der einzelnen Theile, obwohl wir die entwickelte Blüthe für sitzend annehmen müssen.

Die durch das Zusammenwachsen zweier Höcker entstandene Blüthe streckt sich, besonders wenn sie freier steht, stärker, und es scheint, als ob auf einem gemeinsamen Stiele mehrere Blüthenhöcker sässen. Noch auffallender wird dies aber insbesonders beim Erscheinen der eventuell in etwas grösserer Zahl als gewöhnlich gebildeten Perigonblätter. An solchen Höckern kann man deutlich wahrnehmen, dass auch die Zahl der erscheinenden männlichen Höcker grösser ist als drei. Hieraus

ergäbe sich die Erklärung des Umstandes, dass bei manchen Sparganium-Blüthen mehr als drei Staubblätter zu finden sind. Ob die Staubblattlappen fähig sind, sich zu verzweigen und so neue Staubblätter zu bilden, will ich nicht behaupten, doch halte ich es für wahrscheinlich, denn ich fand thatsächlich bei einzelnen entwickelteren Höckern die Lappen der Staubblätter auch in grösserer Anzahl, ganz unwahrscheinlich ist es jedoch, dass sie statt der meist vorkommenden drei Lappen aufgetreten wären.

Bei den gedrängt stehenden männlichen Blüthen des Köpfchenblüthenstandes finden wir also die schon erwähnten Perigonblätter und innerhalb derselben die Staubblätter, welche unmittelbar vor dem Blühen kaum etwas grösser sind als die Perigonblätter, beim Blühen jedoch sich strecken und zwei bis dreimal länger werden als Letztere. Die Filamente sind ziemlich dünn und zart, an ihren Enden etwas verdickt und unmittelbar unter dem an der Spitze stehenden Staubbeutel etwas eingeschnürt. Der Staubbeutel hat ein Drittel der Länge des Filamentes, ist mehr oder weniger vierseitig und 3—4 mal länger als dick. Das am unteren Theile sehr wenig ausgebildete Konnektivum nimmt aufwärts an Umfang zu, reicht jedoch nicht weit über die Flächen hinaus und stülpt manchmal seine Spitze in Folge von Wachsthumsstörungen ein; so entsteht das zweispitzige Staubblatt verschiedener Autoren. Uebrigens sind Struktur und Entwickelung des Staubbeutels ganz wie bei *Typha*. Die Staubbeutelfächer treten auch an den zwei Flächen des Staubblattes auf[1]), die Fächer öffnen sich dann mehr nach aussen, als nach der Seite, weil sie nach aussen auch schmäler sind[2]). Die Pollenkörnchen haben Aehnlichkeit insbesondere mit denen von *T. angustifolia*, nur sind sie weniger cuticularisirt.

Im Gewebe der Blüthenstandsaxe finden wir nahe an der Oberfläche sehr kleine Gefässbündelknoten, von welchen jeder einzelne einer Blüthe entspricht und von welchen noch innerhalb des Blüthenstandsgewebes für die einzelnen Blüthenglieder Aeste ausgehen. Es existiren aber hier auch Abweichungen, so finden sich bei denjenigen Blüthen, welche mehrere Staubblätter besitzen, zwei Gefässbündel-Knoten niederer Ordnung, ja es trifft sich zuweilen, dass sich ein Bündel verzweigt und diese Zweige gesondert in die Staubblätter und Perigonblätter eintreten. Eigenthümlich ist es, dass an den Antherenspitzen das Gefässbündel sich in mehrere (4) Zweige theilt. Das entwickelte, das Netz der Gefässbündel tragende Blüthenstands-Köpfchen sitzt auf einem mehr oder weniger kurzen Stiel, mit länglich gestreckter Anheftungsfläche, welcher die Zeichen eines nachträglichen Zusammenwachsens mit der Axe nicht wahrnehmen lässt.

Was aber die Glieder des entwickelten Blüthenperigons und die Zahl der Staubblätter anbelangt, so pflegen diese sehr veränderlich zu sein. Von den Forschern werden überall drei Perigonblätter und drei Staubblätter angenommen und wir finden unleugbar — die gesammten Fälle in Betracht gezogen — diese Zahl am häufigsten. Die grösste Beständigkeit zeigen noch die Perigonblätter, es ist bei ihnen nämlich die Zahl 3 gewöhnlich, selten sind 4—5 vorhanden; anders bei den Staubblättern, wo ein Schwanken zwischen 3 und 8 vorkommt und sie nicht selten nur zu zweien sind. Im Allgemeinen entspricht die Zahl 3 am häufigsten den Entwicklungsverhältnissen, dann pflegen 5 und 7 häufig zu sein. Ich bin geneigt, das Vorkommen von fünf Staubblättern aus dem Zusammenwachsen der Blüthenhöcker

[1]) Dr. A. Engler, Beitr. z. Kenntniss d. Antherenbildung, Jahr. f. wiss. Bot. Bd. X. S. 302.

[2]) Dr. Chr. Luerssen, Handb. d. Bot. S. 323. Bentham und Hooker Genera plant. V. III. Pars II. p. 955. Eichler l. c. S. 111.

abzuleiten, wie ich es schon bei der Entwicklung erwähnte und worauf schon die häufig vorkommenden zusammengewachsenen Staubblätter hinweisen. Hingegen bei der Zahl 7—8 muss ich die, schon von Göbel[1]) angegebene Ableitung durch Verzweigung annehmen, denn das Zusammenwachsen von drei Höckern, welches das Auftreten einer grösseren Anzahl von Gliedern verständlich machen würde, nahm ich wenigstens nicht wahr.

Bei der Stellung der Glieder muss ich die wechselnde Stellung als normal betrachten, deren empirisches Diagramm den von Eichler[2]) veröffentlichten entspricht. In den Fällen aber, wo mehr Perigonblätter und Staubblätter als gewöhnlich auftreten und weiterhin oft einzelne Staubblätter den einzelnen Perigonblättern gegenüberstehen, halte ich Marktanner-Turneretscher's[3]) theoretisches Diagramm für das richtige. Es ist dies hauptsächlich bei den durch Zusammenwachsen entstandenen Blüthen, an welchen die Staubblätter, wenn sie auch anfangs nicht strenge in zwei Kreise sich stellen, richtig. Wenn somit mehr als drei Perigonblätter auftreten, so gehören diese dem inneren Perigonkreise an, erscheinen mehr als drei Staubblätter, so bilden sie die Glieder des inneren Staubblätterkreises. Einige Fälle sind nur so zu erklären, dass man einen inneren Perigon- und Staubblätterkreis annimmt, in welchen Fällen dann die Glieder einander superponirt sind. Es scheint zuweilen nur der innere Perigonkreis aufzutreten, d. h. es steht im unteren median nur ein Blatt. Wenn mehr als sechs Staubblätter auftreten, ist es zweifelhaft, ob sie drei Kreise bilden, oder ob wir nicht annehmen müssen, dass die Glieder des inneren Staubblätterkreises in Folge von Verzweigung zu zweien stehen? Im Allgemeinen ist die Stellung sehr schwankend und zeigt nur selten eine Regelmässigkeit, was ich dem wechselseitigen Drucke der Blüthen zuschreibe, durch welchen die einzelnen Glieder sehr leicht verschoben werden. Somit ist es wahrscheinlicher, dass die Staubblätter eigentlich immer in einem Kreise sich zu entwickeln beginnen und nur im späteren Wachsthume in zwei Kreise geordnet werden.

Vom Pistill ist in der männlichen Blüthe keine Spur vorhanden.

Die männlichen Köpfchen des Blüthenstandes blühen bekanntlich später als die weiblichen, d. h. *Sparganium* ist entschieden protogynisch[4]), so dass die Bestäubung der weiblichen Blüthen durch die männlichen an ein und demselben Individuum unter gewöhnlichen Umständen ausgeschlossen ist und nur dann vorkommen könnte, wenn die weiblichen Köpfchen eines unten stehenden Blüthenstandes mit den an der Spitze stehenden männlichen auf einmal blühen würden; diese blühen nämlich zuerst, dann folgen die weiter unten an den secundären Axen stehenden. Die wechselseitige Bestäubung der verschiedenen Individuen, durch Wind und Insekten, wie es Johow und Schenk auswiesen, ist hier anzunehmen.

Das Blühen der in ein Köpfchen vereinigten Blüthen geht in verschiedener Art vor sich: es scheinen gewöhnlich die äusseren d. i. untenstehenden mit dem Blühen zu beginnen, obwohl auch der

---

[1]) Bot. Zeit. 1882. S. 706.

[2]) Blüthendiagramme. S. 111. Bild A. 53.

[3]) Blüthendiagramme. T. I.

[4]) Behrens, Dr. W. J. Method. Lehrbuch d. Bot. S. 92. — Focke, W. O. Abh. d. naturwiss. Ver. zu Bremen. V. Bd. 1878. S. 407—409.

umgekehrte Fall eintreten kann. Nach dem Blühen fallen sowohl die Staubblätter als auch die Perigonblätter ab und es bleiben an dem fruchtreifen Individuum nur die leeren männlichen Blüthenstandsböden.

3. Die weibliche Blüthe.

Sobald die Bildung der Köpfchenhöcker an der primären Axe beendigt ist, beginnen die zu weiblichen Köpfchen bestimmten Höcker sich stark zu wölben und nehmen eine mehr oder minder kugelförmige Gestalt an. Sie werden vier bis fünfmal grösser als die über ihnen stehenden Köpfchenhöcker. Eigenthümlich ist es, dass an der Hauptaxe und selbst auf der obersten secundären Axe gewöhnlich keine weiblichen Köpfchen gebildet werden. Die Bildung der weiblichen Köpfchen geht von oben nach unten.

Nachdem der Höcker die nöthige Grösse erreicht hat, erscheinen in den Achseln winziger Brakteen die weiblichen Blüthenhöcker und zwar in akropetaler Reihenfolge, in einer sanft ansteigenden Spirallinie. Es lässt sich aber dies nicht leicht wahrnehmen, weil eines Theils der Druck der sich entwickelnden Brakteen, anderen Theils die von ihrer Stelle mehr oder weniger verschobene Köpfenchenspitze die regelmässige Entwickelung der Spirallinie störend beeinflussen.

Nach Erreichung einer gewissen Grösse der weiblichen Blüthe erscheinen an ihr drei Höcker von Perigonblättern, welche rasch wachsen und dessen Höhe erreichend, den Blüthenhöcker bedecken. Kurz darauf erhebt sich um die Spitze das Fruchtblatt, nicht lange hierauf kann man die zwei Ränder des aufrecht stehenden Ringwalls mit seiner gegen die Braktee gewendeten Vertiefung sehen. (T. III, Fig. 13.) Der an einem Punkte etwas schartige Ringwall erhebt sich jetzt röhrenförmig, doch während die Scharte sich nur langsam erhöht, thut dies der entgegengesetzte Punkt sehr schnell. Zu gleicher Zeit erscheint in der Nähe des Bodens des Fruchtblattes, der Scharte entsprechend, der Samenknospenhöcker, welcher mit dem Wachsthum des Fruchtblattes höher gehoben wird. Inzwischen wölbt er sich stärker und neigt sich in Folge des ungleichförmigen Wachsthums seiner Wände mit der Spitze gegen den Scheitel des Blüthenhöckers, füllt jedoch noch nicht völlig die Höhlung der Röhre aus. Das Fruchtblatt beginnt sich jetzt in seinem oberen Theile zu verengen, im unteren dagegen auszuweiten, aus diesem wird der Fruchtknoten, aus jenen aber, sobald die Oeffnung der Röhre so verengt ist, dass ihre Ränder sich beinahe berühren, bildet sich der Griffel und darüber in Folge des Wachsthums des mittleren Fruchtblatttheils die Narbe. Eigenthümlich ist es, dass der vertiefte Theil nur bis zum Anfang der Narbe reicht (T. III. Fig. 14).

In einzelnen Fällen erscheint in der Zeit, wo sich das Fruchtblatt schon, der Samenknospenhöcker aber noch nicht gebildet hat, an der Axe des Blüthenhöckers, etwas höher als der erste Perigonkreis und mit dessen Gliedern abwechselnd — der zweite Perigonkreis mit seinen Gliedern, welche nach kurzem Wachsthum die Grösse der Glieder des ersten Perigonkreises erreichen und im Weiteren sich diesem ganz ähnlich verhalten (T. III. Fig. 13). Oft erreichen aber nur einzelne Glieder des Kreises die volle Entwicklung. Die Perigonblätter bedecken das Fruchtblatt bis zur Bildung der Narbe, wo sich dann diese aus ihnen hervorhebt.

Während des Wachsthums des Carpells überwölbt der obere Theil in Folge der Erweiterung des unteren Theiles den gebildeten Fruchtknotenraum, hebt aber zugleich die Samenknospe in den Gipfel des Hohlraums; gleichzeitig bildet sich der Griffel (T. III. Fig. 15—16).

In der Zeit bildet die Samenknospe noch einen abwärts hängenden Zapfen, dessen Zellen in Reihen geordnet sind, unter den Spitzen jedoch findet man schon die grossgewachsene Mutterzelle des Embryosackes, von nur 1—2 Zellenreihen des Samenknospenkernes gedeckt. Allmählich beginnt sich die Samenknospenaxe zu drehen, sobald nämlich diese Mutterzelle 3—4 Tochterzellen hervorbringt und unter dem Samenknospenkerne die innere Hülle zu entstehen begonnen. Sobald die Axe in ihrer Drehung mit dem Funiculus einen kleineren Winkel als 90° bildet, erscheint an der äussern Seite der inneren Hülle etwas unterhalb derselben die äussere Hülle. Schliesslich stellt sich die Samenknospenaxe mit dem Funiculus mehr oder weniger parallel und erreicht ihre vollkommene Entwickelung. Inzwischen hat sich die innere Hülle schon über den Nucellus gehoben und bildet die Mikropyle, die äussere hingegen reicht nur bis zur Spitze der inneren Hülle, ist auch nur zwei Zellenschichten dick. Im Samenknospenkerne kann man die übereinander liegenden Tochterzellen der Mutterzellen der Embryosackes gut wahrnehmen, welche gequollene und das Licht stark brechende Wände besitzen. Zwischen diesen und der Spitze des Nucellus liegen jetzt mehrere Zellen, etwa 4—5, die übrigen Kernzellen an Wanddicke übertreffend und in der Richtung der Oberfläche des Samenknospenkerns mehr oder minder gestreckt. Sie ziehen sich bis zum Grund der Samenknospe und ihre Anzahl nimmt nach diesen zu ab, doch sind sie auch hier noch 1—2 Zellenschichten dick. Nahe der Chalaza sind auch die Hüllen schmäler und schliessen sich allmählich an die Zellen der ersteren an, welche um Vieles kleiner sind als die Nucelluszellen und mit diesen sich kreuzen. Während der Entwickelung der Hüllen und des Embryosackes tritt das Gefässbündel der Samenknospe auf, welches aus den Gefässbündelknoten entspringend, durch den Funiculus in die Naht geht bis zur Höhe der unten ziemlich gewölbten Chalaza[1]).

Die Querwände der Tochterzellen der Mutterzelle des Embryosackes laufen nicht immer parallel miteinander, in einigen Fällen fand ich ganz schiefe Zellwände.

Sobald die Samenknospe auch in ihrer äusseren Gestalt sich der vollen Entwickelung nähert, d. h. sobald die äussere Hülle sich über den Nucellus erhebt und sich hier in drei Zellschichten theilt, gehen auch in ihrem Innern Veränderungen vor, indem die unterste Zelle der Tochterzellen sich auf Kosten der oberen zu vergrössern beginnt. Sie quillt, ihre Wände nach oben drückend und dieselben schliesslich zerstörend, allmählich auf, so dass statt der 3—4 Tochterzellen nur eine grosse Zelle bleibt, — der Embryosack, welcher anfangs an seinem oberen Theile sich erweitert und später alle in seinem Umkreis liegenden Zellen zusammendrückend wächst, nimmt eine mehr oder weniger ellipsoidische Gestalt an, so dass ausser den schon erwähnten Zellen nur einige Schichten des Kernes zurückbleiben. Gleich diesen Prozessen weichen die darauf folgenden nicht erheblich von den bekannten ab. Die Samenknospe, welche grösstentheils mit der von *Typha* übereinstimmt, ist also doppelhüllig, ana- resp. epitrop und hängt von der Spitze der Fruchtknotenhöhlung herab, diese ganz ausfüllend, und lässt nur eine, kaum wahrnehmbare Lücke zurück. Der Funiculus ist ungemein kurz und bedeckt von oben die ihn fast berührende Samenknospe ganz.

Die oben beschriebene Pistillentwicklung bezieht sich auf das einfächrige Pistill. Abweichend von ihr geht die des zweifächrigen Pistills vor sich, von dem man glaubte, dass es durch das

---

[1]) Nach Hegelmaier (l. c. S. 636) geht es nur bis zur Höhe der Mikropyle.

Zusammenwachsen zweier Blüthenhöcker entstehe[1]), was schon aus dem Grunde nicht wahrscheinlich ist, weil bei dem entwickelten Pistill die zwei Fruchtblätter immer dieselbe symmetrische Stellung zu einander einnehmen. Hingegen wenn es sich aus Zusammenwachsen zweier Blüthenhöcker bilden würde, dann könnte auch von den zwei Fruchtblättern das eine mit seiner Narbenseite, das andere aber mit der Samenknospenseite zusammenwachsen.

An einigen Höckern erscheinen nämlich statt eines Fruchtblattwalles zwei nebeneinander, deren zusammenwachsende Ränder an die Blüthenaxenspitzen anwachsen, so dass beim Erheben der beiden Ringwälle die wechselseitige Berührung der Fruchtblätter über der Höckerspitze stattfindet (T. III. Fig. 12). In dem Masse wie sich die zwei Spitzen der Fruchtblätter allmählich erheben, wachsen die zwei inneren sich berührenden Theile zusammen und bilden die Scheidewand der zwei Höhlungen, deren Zellen nur in früher Jugend die Grenze des Zusammenwachsens zeigen, später aber verschwindet dieselbe. Die zwei Fruchtblattspitzen strecken sich auch in der Länge und bilden den gemeinsamen Griffel[2]) mit dem gemeinsamen Griffelkanal und die zwei Narben. Hingegen hebt sich auch die Scheidewand und es entstehen an den der Mitte der zwei Fruchtblätter zugekehrten Seiten, nahe an der Spitze die Samenknospenhöcker, welche, nachdem sie grösser geworden, allmählich sich abwärts kehren und an den beiden Seiten der Scheidewand herabhängen. Der Scheitel der Scheidewand ist mehr oder weniger gewölbt oder zeigt eine kleine Vertiefung, welche (T. III. Fig. 12) beweist, dass seine Hälften zwei gesonderten Fruchtblättern angehören, er liegt dem gemeinsamen Griffelkanal gerade gegenüber. Bemerkenswerth ist, dass die zwei Höhlungen nicht immer gleich gross sind und dass die Samenknospen nicht immer in gleicher Höhe stehen. Wo die zweifächrigen Fruchtknoten am Blüthenstande stehen, ist schwer zu entscheiden. Ich wenigstens konnte in Bezug hierauf keine Regelmässigkeit auffinden, selbst in den verschiedenen Köpfchen kommen sie in verschiedener Anzahl vor, in manchen in grösserer, in anderen sind es kaum 1—2. Ich vermuthe, dass die Köpfchen an den Theilen gebildet werden, welche entweder in Folge der Köpfchenform freier standen, oder aber vom Drucke der Brakteen oder anderer Organe wenig gelitten haben.

Mit der Ausbildung der weiblichen Blüthen beginnen sich auch die Köpfchen tragenden Axen zu strecken, doch während unter den weiblichen Köpfchen die Axe eine cylindrische Form hat, ist sie über denselben abgeplattet. Die Oberfläche der Köpfchen bilden die Griffel und die narbentragenden Fruchtknotenoberflächen, weiterhin noch die zwischen die Fruchtknoten geklemmten Perigonblätterspitzen.

Das ausgebildete Pistill, welches nach dem bisher Beschriebenen oberständig ist und auf einem kaum wahrnehmbaren Stiele sitzt, zeigt eine mehr oder minder cylindrische oder vieleckige Eigestalt. Es ist an seinem Boden dicker und geht, nach der Spitze zu verengt, in den kurzen Griffel über, es trägt die einseitige, an ihrem Boden etwas trichterförmige Narbe. Die Narbenzellen heben sich stark hervor und sind an der Spitze der Narbe am höchsten; allmählich verkleinern sie sich zu den Zellen des Griffelkanals. Es sind nämlich die Zellen des Griffelkanals, des Funiculus und in geringerem Masse auch der Raphe mehr oder minder senkrecht zur Kanalrichtung gestreckt, selbst etwas hervorgehoben. An der Narbe sind nur die über den Gefässbündeln liegenden Zellen nicht gestreckt. Die Gestaltungs-

[1]) Eichler, l. c. S. 111.

[2]) d. h. nicht zwei Griffel sondern zwei langgestreckte Narben. Luerssen, l. c. S. 323.

verhältnisse des Fruchtblattes sind übrigens ziemlich einfach. Anfangs dringt von dem unter der Blüthe befindlichen Gefässbündelknoten ein Bündel hinein und zieht sich bis zur Narbenspitze; später verzweigt sich aus deren Grunde ein anderes und geht in die Samenknospe. Ausser diesen treten noch 5—6 sehr kleine, wenige Elemente enthaltende Bündel ein, bis zur Narbe den Griffelkanal umgebend. Die die äussere Fläche des Fruchtknotens und die Höhlung des Fruchtknotens umgebenden Zellen sind klein und dichtstehend, die übrigen besonders die innerhalb der Gefässbündelzone liegenden sind gross, geräumig, einige länglich gestreckt.

Die Gewebe des entwickelten Perigons und der Brakteenblätter stimmen mehr oder minder mit einander überein, sowie auch die ersteren den Perigonblättern der männlichen Blüthen gleich sind. Auch sind die Brakteen und Perigonblätter anfangs gleich gestaltet, nur im weiteren Verlaufe des Wachsthums kommen Abweichungen vor. Alle sind nämlich in der Jugend an der Spitze schmal und dünn, später beim Entwickeln der Pistille resp. Staubblätter platten sie sich an ihren unteren Theilen ab und verdicken sich an den Stellen, wo sie die Organe bedecken; an der Spitze sind sie wieder dünner. Das entwickelte Deckblatt ist an seinem unteren Theile schmal und fadenförmig, wird an der Spitze etwas breiter und plötzlich wieder spitzig. Die Spitze ist oft gefranzt. Die Perigonblätter sind an ihrem unteren Theile auch breiter, — manchmal bilden sie 1—2 lappenförmige Erweiterungen — dann werden sie schmäler und an ihrer Spitze breiter. Die Ränder sind unregelmässig gezähnt resp. gefranzt. Die Epidermis besteht aus etwas gestreckten platten Zellen, unter welchen sich verschiedene grosse dünnwandige Parenchymzellen befinden, von denen einzelne grosse etwas verdickte und gequollene Wände besitzen, das Licht stark brechen und eine gewisse eigenthümliche Substanz einschliessen. Diese ist schon im Anfang bräunlich, wird aber später ganz dunkel. Die Zellen, jedenfalls Secretzellen, sind übrigens im ganzen Körper von Sparganium verbreitet und sicherlich ist dies der Grund, weshalb insbesonders die jüngeren Theile von Sparganium in Alkohol und Glycerin sich bräunen und beim Einlegen neben einer Gasentwickelung die Flüssigkeit dunkel färben. Wahrscheinlich ist der Inhalt der Zellen irgend ein Gerbstoff,[1]) dessen mikroskopischen Nachweis ich seiner Zeit mittheilen werde. An den Brakteen und den Perigonblättern kommen zerstreut auch Stomaten vor, welche aber nach der Bräunung der Gebilde kaum aufzufinden sind. Im Perigon und überhaupt in den Geweben sämmtlicher Organe von Sparganium finden sich Krystalle, besonders Raphiden[2]) enthaltende Zellen. In diese Gebilde dringt ebenfalls das Gefässbündel ein, welches aus dem unter der Blüthe befindlichen Knoten entspringt, doch während in der Braktee nur ein Bündel ist, pflegen in den Perigonblättern 3—4 zu sein.

Die Stellung der einzelnen Blüthen im Köpfchen ist ziemlich unbestimmt. Der Grund hiervon ist die ungleiche Gestalt des Blüthenbodens, trotz des äusserlich vollkommen kugelförmigen Aussehen des Blüthenstandes. Soviel ist jedoch wahrzunehmen, dass an der Kugeloberfläche irgendwo ein Mittelpunkt sei, um welchen die Blüthen so stehen, dass die Deckblätter von ihm abgewandt, gegen den Anheftungspunkt des Köpfchens liegen. Die Narben sind mit ihren oberen Seiten nach unten, nach dem Boden oder höchstens etwas seitwärts gerichtet, sodass im Mittelpunkt — der eigentlichen Spitze des Blüthenstandbodens des Köpfchens sich Blüthen finden, welche mit ihren Narben gegeneinander gewendet sind. Die Narben biegen sich

[1]) De Bary. Vergl. Anat. S. 193 erwähnt nur die Raphiden, obwohl anders gestaltete Krystalle auch vorkommen.
[2]) Rochleder Phytochemie S. 218.

übrigens etwas aufwärts. Doch ist diese Stellung nicht leicht zu bestimmen, da in Folge des wechselseitigen Druckes einige der Blüthen in ihrer Stellung Veränderungen erleiden.

Ebenso schwierig ist es, die Stellung der einzelnen Glieder in der Blüthe zu constatiren, hievon können nur entwickelungsgeschichtliche Untersuchungen ein klares Bild geben. Das von mir gewonnene Resultat stimmt grösstentheils mit den von Eichler[1]) und Marktanner-Turneretscher[2]) veröffentlichten Diagrammen überein. Es fällt nämlich das eine Glied des Perigonkreises in das obere Median, die anderen zwei Glieder fallen in die untere Diagonale und die Glieder des über diesen liegenden Perigonkreises treten mit jenen abwechselnd auf. Hierauf folgt im oberen Median das Fruchtblatt, welches sich abwärts wendet und an seiner oberen Seite die Narbe trägt. Treten zwei Fruchtblätter auf, so steht das zweite im Median aufwärts gerichtet und trägt an seiner unteren Seite die Narbe. Bemerkenswerth ist, dass bei zwei Fruchtblättern diese nicht im Median aufzutreten scheinen, sondern etwas nach der Diagonale hin verschoben sind. Ich bin sogar geneigt anzunehmen, dass die zwei Fruchtblätter nicht in allen Fällen in ein und derselben Richtung liegen, sondern sich bald der linken, bald der rechten Diagonale nähern, d. h. wir hätten es hier mit drei Fruchtblättern zu thun,[3]) von welchen das eine oder das andere immer wegbleibt und nur das im oberen Median immer auftritt. Ich bedaure sehr, zur Unterstützung dieser Vermuthung keine positiven Angaben machen zu können. Vielleicht liessen sich einige Ausnahmsfälle, in welchen das Fruchtblatt im unteren Median auftritt, auf diese Art erklären? — Wie ersichtlich, fehlen die Staubblätter an den weiblichen Blüthen ganz.

Schliesslich blühen die Blüthen der entwickelten Köpfchen und zwar nach der basipetalen Reihenfolge. Hierauf erfolgt die Bestäubung, welche — da die Blüthe, wie es schon Behrens[4]) erwähnt, entschieden protogynisch ist, d. h. beim Blühen der weiblichen Blüthen die männlichen noch nicht geöffnet sind — vermittelst des Windes oder der Insekten vollendet wird. Der erstere hat allerdings grossen Antheil daran, doch spielen auch die Insekten hier ihre Rolle, denn wie Schenk[5]) erwähnt — wenn auch hier keine Lockmittel zu finden sind, so weist doch der grosse Sekret-Inhalt der Blüthen und die geringe Klebrigkeit der Narben zur Blüthezeit darauf hin. Gewiss ist hier die Thätigkeit der auf der Oberfläche des Wassers laufenden Insekten von Wichtigkeit; auch andere Insekten, die ich hie und da am Blüthenstande sah, welche wohl nur in der Absicht des Eierlegens[6]) ihn aufgesucht haben, versehen wahrscheinlich zugleich auch das Amt des Bestäubens. Es findet sich oft in den Früchten eine zu den Cryptophageen gehörende Insektenlarve, mit Namen Termatophyllus Spargani Athr., welche Sameneiweiss und Keim zerstört.

Nach der Bestäubung folgt die Entwickelung des Embryo, welches schon Hegelmeier[7]) ausführlich und genau beschrieben hat.

---

[1]) l. c. S. 111.

[2]) l. c. Taf. I.

[3]) Diese Vermuthung stimmt zum Theil mit der Meinung von Solms-Laubach überein. Bot. Zeit. 1878. S. 342.

[4]) l. c. S. 92.

[5]) Die Biologie d. Wassergewächse.

[6]) Kaltenbach Pflanzenfeinde S. 706. 7.

[7]) Zur Entwickelungsgeschichte monocotyl. Keime nebst Bemerk. ü. d. Bildung d. Samendeckel. Bot. Zeit. 1874 S. 635—39. 48—56.

4. Der Same und die Frucht.

Nach der Befruchtung der Eizelle gehen an der ausgebildeten Blüthe Veränderungen vor sich, insofern sämmtliche Theile ihres Fruchtknotens sich weiter entwickeln. Namentlich verändern sich die um die Spitze des Samenknospenkernes liegenden Theile, indem das zwei Zellenschichten starke Endostom umgebende Exostom sich sehr bedeutend streckt; seine Zellen, welche 3, hie und da sogar 4 Schichten bilden, wachsen jetzt bis zum Funiculus hinan und berühren ihn schliesslich. Gleichzeitig beginnt die Bildung des Samendeckels, von Hegelmeier[1]) bekannt gemacht. Die Zellen der übrigen Theile der Samenknospenhüllen verkleinern und bräunen sich und schrumpfen so sehr zusammen in Folge des Druckes, welchen das wachsende Endospermium[2]) auf sie ausübt, dass ihr Innenraum fast ganz verschwindet. Zugleich verändert sich aber auch die Fruchtknotenwand. In der Jugend ist sie mehr fleischig und wie überhaupt sämmtliche Gebilde von Sparganium grün gefärbt, sie besitzt sogar einzelne Spaltöffnungen. Sie verliert ihre bisherige Ei- oder Spindelform und verdickt sich, insbesondere an dem über die benachbarten Fruchtknoten hervorstehenden Theil. Von ihren Zellen beginnen die oberflächlichen und die um die Höhlung befindlichen ihre Wandungen stark zu verdicken, die mittleren erweitern und strecken sich. Die oberflächlichen Zellen der Wand des Griffelkanals stülpen sich aus und füllen den Kanal aus. Mit dem Wachsthum der Wand vergrössert sich auch der Innenraum des Fruchtknotens, welchen aber der ebenfalls wachsende Samen ausfüllt. Die Veränderungen folgen rasch auf einander, so dass 3—6 Wochen nach der Bestäubung schon die entwickelte Frucht zu finden ist.

Das mit den entwickelten Früchten bedeckte Köpfchen, also der Fruchtstand, hat äusserlich Aehnlichkeit mit einer stachligen Kugel. Die einzelnen Früchte sind in der Form einander nicht ganz ähnlich; im Wesentlichen haben alle Aehnlichkeit mit zwei mit der Basis einander zugekehrten Kegeln oder mit einer länglichen verkehrten Eiform. Ihr unterer Theil ist länger, an dem dünneren Ende, grösstentheils in Folge des wechselseitigen Druckes 6—8 eckig. Dieser geht plötzlich in den oberen Theil über, welcher schon frei stand und von den benachbarten Früchten nicht bedeckt war. Der obere Theil bildet einen mehr oder weniger gewölbten Kegel, welcher den Kanten des unteren Theiles hie und da gleiche, aber abgestumpfte Kanten zeigt. Der Kegel geht dann bald allmählich bald rascher in den Schnabel, d. h. in den Griffelrest über, von welchem die Narbe schon abgebrochen und der später selbst auch abbricht. Der obere Kegel ist zuweilen zugespitzt und etwas gestreckt. Es scheint, dass diesbezüglich zweierlei Sparganium[3]) vorkommen, welche wahrscheinlich nur durch Einflüsse des Standortes entstehen; die im Wasser stehenden sind stumpfer, die im Trockenen wachsenden hingegen gespitzter. Die reifen Früchte fallen nach Verlauf einer gewissen Zeit vom Blüthenboden ab, dieser bleibt dann leer und zeigt an seiner Oberfläche kleine Grübchen an den Stellen, wo die Früchte gestanden haben. An den abgefallenen Früchten pflegen noch die Deckblätter und Perigonblätter zu bleiben, welche ungefähr bis zur Entwickelung des Embryo grün und weich sind. Und eigenthümlich genug stehen sie in Folge des Druckes meistens auf den Kanten der Frucht, als bräunliche, schmale und trockene häutige Gebilde.

---

[1]) l. c. 715—16.

[2]) Hiervon will ich in meinen späteren Mittheilungen ausführlicher sprechen.

[3]) Mori. Osservazioni supra la Sp. r. Huds. Societa Toscana di Scienza Naturali. 1882 p. 51—52.

Bei einzelnen taube Früchte tragenden Sp. waren die Früchte stark gestreckt. Es fragt sich, ob nicht dieser Umstand auch bei Mori's Fall vorkam.

In der Wand (Pericarp) der ausgebildeten Frucht lassen sich drei Theile unterscheiden und zwar das Epi-, Meso-, und Endocarp, welche dicht aneinander gewachsen sind. Der schwächste Zusammenhang besteht zwischen Endo und Mesocarp, da man das letztere vom ersteren mit der Messerspitze abtrennen kann. Das Epicarp besteht aus Epidermis und der darunter liegenden sklerenchymatischen 8—10 Zellen dicken Schichte. Diese Zellen sind eng und ihre Wände nur hie und da getüpfelt. Das nach innen liegende Mesocarp ist die dickste Schichte des Pericarps; die Zellen sind dünnwandig und von verschiedener Grösse. In der Nähe des Epi- und Endocarps sind sie kleiner und isodiametrisch, in der Mitte grösser und gestreckter. Im Mesocarp zerstreut befinden sich auch grössere in die Länge gestreckte Zellen, die Secretzellen, welche von kleineren Zellen umgeben werden. Im Mesocarp finden sich auch weiterhin Raphiden und Crystalldrusen[1]) enthaltende Zellen. Die Mesocarpzellen verkleinern sich am unteren Theil der Frucht und schliessen sich den Axenzellen an, wogegen sie am oberen Theile dünnwandig und gross sind und die Gefässbündel und Gewebe des Griffelkanals umgeben. Das Mesocarp lässt sich nicht im vollen Sinne des Wortes Sarcocarp nennen, weil seine Zellen nicht saftig und bei völliger Reife ganz trocken sind; doch nähert es sich dem Sarcocarp wenigstens in der Form, obwohl es auch schwammig genannt werden kann.[2])

Der unmittelbar die Fruchthöhle umgebende Wandtheil: das Endocarp, besteht aus Steinzellen (Taf. I, Fig. 1—2.) Diese Steinzellen haben entweder eine viereckige, runde oder eine längliche schlank gebogene Form. Bei allen kann man den Zellraum, die Streifung, weiter die Verdickungskanäle, welche nicht verzweigt sind, gut wahrnehmen. Wenn wir vom Endocarp das Meso- und Epicarp ablösen, so bekommen wir die Steinschale, welche erhabene Rippen besitzt und deren Form einigermassen mit der einer Birne Aehnlichkeit hat. Sie ist nämlich in ihrem unteren Theile dicker und geht dann etwas gewölbt gegen die ziemlich dünne Spitze. Die weiter unten befindlichen Rippen überragen den etwas gewölbten Boden, die Spitze ist beinahe röhrenförmig und endigt plötzlich. Sie ist, wie dies schon ältere Forscher erwähnen, von einen Kanal durchbohrt und, wie wir es später sehen werden, mit weichem Gewebe gefüllt (Taf. I Fig. 1) Die Rippen sind von verschiedener Gestalt und Grösse, ihre Zahl entspricht in der Regel der der Gefässbündel des Fruchtblattes; es nähern sich nämlich die Steinzellen mehr oder weniger den Bündeln, so dass diese häufig ihre Grenze bilden. Zuweilen trägt die Rippe an ihrer Längskante ein Gefässbündel, zuweilen aber nur an einem stärker hervorschwellenden Theil oder wird von einem solchen gar nicht berührt. Endlich trifft es sich, dass die Rippe dem Gefässbündel entsprechend sich gar nicht entwickelt. Daher kommt es, dass man längere und kürzere, stärkere und nur wenig hervorstehende Rippen unterscheiden kann. Die langen Rippen beginnen bei der Steinschalenspitze und reichen bis etwas über deren Boden; hingegen kommen die kürzesten nur auf dem gewölbten Theil der Steinschale vor. Die Zahl der Rippen kann somit sehr veränderlich sein, gewöhnlich schwankt sie zwischen 5 und 8. Immer lassen sich unter ihnen grössere und stärkere unterscheiden, welche genau der Mitte, und kleinere, schwächere, welche den Rändern des Fruchtblattes entsprechen. Die den äusseren Kanten der Frucht entsprechenden Rippen sind auch stärker als die zwischen ihnen liegenden.

---

[1]) de Bary l. c. S. 149, resp. Gulliver erwähnt diese nicht.

[2]) Gärtner. De Fructibus etc. Vol. I. p. 75; Mirbel. Ann. du Museum Bd. XVI. p. 427; Le Maout et Decaisne, Traité général de Bot. p. 627.

Bei den zweifächerigen Fruchtknoten treffen wir doppelte Steinschalen an d. h. zwei völlig aneinander gewachsene Steinschalen, welche an der Stelle des Zusammenwuchses eine Einschnürung zeigen. Die zweifächerigen Doppelsteinschalen, welche übrigens mit den einfachen völlig übereinstimmen, besitzen auch doppelt so viel Rippen als diese, von welchen die grossen an den am weitesten von einander entfernten Punkten der Steinkerne, die kleineren hingegen näher der Einschnürung stehen. Die Steinzellen des Endocarp verlieren sich nach Aussen ziemlich plötzlich und besitzen in ihrem Umkreise höchstens 1—2 Schichten Zellen von geringerer Wanddicke; nach innen der Fruchthöhle zu verschwinden sie plötzlich, ausserdem sind die die Höhle umgebenden Steinzellen sehr klein (Taf. I Fig. 2.)

Die aus der Samenknospenhülle gebildete ziemlich dünnhäutige und zwischen die Steinhaut und das Albumen gepresste Samenschale lässt sich durch Behandlung mit Kalihydrat von jenen beiden trennen. Uebrigens sind ihre Zellen zusammengeschrumpft und vertrocknet, so dass sie ohne vorhergehende Behandlung und stärkere Vergrösserung blos als eine strukturlose Haut erscheint. Nur heisse Kalilauge macht die Samenschale zur Untersuchung geeignet. Man sieht ihre Theile, von welchen der innerste etwas gelblich erscheint, worauf dann ein brauner, dann wieder ein heller gefärbter, endlich der äussere, dunkelbraune Theil folgt. Am meisten schrumpfen die Zellen der innersten Schicht zusammen, so dass man an diesen den Zellraum kaum wahrzunehmen vermag, am wenigsten die Zellen der äussersten Schichte, an welchen grosse Zellräume zu sehen sind (Taf. I, Fig. 2—3).

Uebrigens sind die Theile der Samenschale im Querschnitte in der Nähe der Raphe am besten wahrzunehmen; hier sind das Gefässbündel und die dasselbe umgebenden Zellen aber auch schon einigermassen zusammengeschrumpft. Wenn man den Samen, nach Behandlung mit Kalihydrat von der Steinschale befreit, zeigt er mehr oder weniger eine Birnenform, deren Spitze gegen das Loch, der Steinkern und der Boden gegen den Boden der Blüthe gerichtet ist. Der Same besitzt eine gelblich-braune Farbe, hat aber am Boden der einen Seite einen dunkleren Fleck, es ist dies der aus dem Knospengrund entstandene, aus mehreren Zellenschichten bestehende Samenschalentheil, welchen an der einen Seite eine leicht wahrnehmbare braune Furche mit dem Nabel des Samens verbindet. Letzterer befindet sich beim Samendeckel, ist jedoch kaum wahrnehmbar.

Der Samendeckel passt genau in das Loch der Steinschalenspitze und liegt genau dort, wo das Loch schon seinen unteren Rand zu bilden beginnt (Taf. I, Fig. 1). Der Samendeckelstiel ragt in das lockere Gewebe, welches den Kanal ausfüllt, hinein, und zwar so, dass er sich gegen die Placenta etwas biegt. Die ganze Länge des Loches bis zum oberen Rande erfüllt lockeres und weiches Gewebe, welches den äusseren zwei Zellenreihen des äusseren Samendeckels und den Zellen des Funiculus entstammt. Diese wieder überwölbt die vom oberen Rande des Steinkernloches sich erhebende dünne, aus 1—2 Zellenreihen bestehende Steinschalenschichte, welche bis dahin reicht, wo der Griffelkanal seinen Anfang nimmt. Der Same ist somit von allen Seiten von Steinzellen umgeben. Die Fortsetzung dieses losen Gewebes des Loches bildet natürlich, von dem dünnen Steinzellenschichte getrennt, der von dem losen Gewebe des Mesocarp umgebene Griffelkanal, welcher jetzt von dem eingestülpten Theil der oberflächlichen Zellen des Griffelkanals herrührenden Zellen ausgefüllt ist, die von einigen kleineren dicht stehenden Zellen umgrenzt sind. Diese Theile werden von der Zone der Gefässbündel umgürtet.

Der Same besteht aus dem Keim und dem Albumen. Inmitten des letzteren befindet sich in der Richtung der Axe der etwas gelbliche Keim, dessen Würzelchen gegen das Steinhautloch, die

Spitze aber gegen den Fruchtboden gerichtet ist. Von allen Seiten umgiebt ihn beim Würzelchen das blos einige Zellenschichten starke Albumen. Die Gestalt des Keimes hat viel Aehnlichkeit mit dem von Typha, nur ist er grösser und nicht so schlank.

Das Albumen besteht aus zwei Theilen: aus dem übrig gebliebenen Samenknospenkern, dem Perispermium, und aus dem im Embryosack entstandenen Endospermium (T. I. Fig. 2—3.)

Das Perispermium umfasst das ganze Endospermium und berührt das Keimwürzelchen, weil hier das Endospermium fehlt. Im Allgemeinen ist es 4—7 Zellenschichten stark; die Zellen der äussersten 1—2 Schichten sind ganz intakt, sogar sind ihre Wände besonders in der äussersten Schicht verdickt. Die Zellen der inneren Schichten werden allmählich unentwickelter, d. h. zusammengedrückter, so dass das Perispermium nur 2—3 Zellenschichten stark aussieht (T. I. Fig. 3).

Es werden nämlich die nach innen liegenden Perispermiumzellen — welche mit dem Endospermium überhaupt in keiner Verbindung stehen — von diesen zusammengepresst, wodurch ihre Zellenwände Runzeln bekommen und ihre Gestalt eine zusammengedrückte wird; übrigens sind sie in der Längsrichtung des Samens gestreckt. Die äussersten Perispermiumzellen erinnern lebhaft an die schon erwähnten äusseren Zellen des Samenknospenkernes.

Das mehlige, weisse Endospermium ist 5—8 Zellenschichten stark und an der zur Raphe gewendeten Seite am schmälsten; es füllt den grössten Theil des Samens aus. Seine inneren Zellen sind in der Richtung des Radius gestreckt, die äusseren haben eine isodiametrische Gestalt und dünne Wände.

Die Räume der im Samen vorkommenden Zellen sind dicht von Substanzen erfüllt, so dass man die einzelnen Zellenwände nur schwer zu unterscheiden vermag. Den geringsten Inhalt besitzen die Perispermiumzellen, am meisten gefüllt sind die des Endospermium. Den Inhalt bilden hauptsächlich Stärke und Aleuronkörner. Wenn man einen Querschnitt des Samens mit Jod färbt, so lässt sich nachweisen, dass das Amylum meistens im Endospermium enthalten ist. Die Stärkekörner sind von runder oder polyedrischer Gestalt und etwas grösser als die bei *Typha*, doch ist ihre Struktur [1]) auch hier nicht zu erkennen. In den Zellen sind sie dicht gedrängt, so dass sie sogar in die Aleurongruppen stark eindringen und deren Oberfläche ein runzliches Aussehen verleihen.

Das Aleuron kommt in Gruppen bildenden Krystalloiden vor, welche einzelne viel grösser sind als die bei *Typha* erwähnten Gruppen. Gewöhnlich ist in einer Zelle nur eine Krystalloidgruppe enthalten. Die Beschreibung der Form der Krystalloiden darf ich umgehen, da schon gründliche Forschungen darüber veröffentlicht sind [2]). Hier hebe ich nur hervor, dass die Behauptung von Pfeffer[3]) über die Nichtexistenz des Zellkerns bei *Sparganium* mich zur Aufsuchung des letzteren veranlasste, doch ergaben die Tinktionen negative Resultate.

---

[1]) C. Nägeli. Die Stärkekörner p. 547.

[2]) L. Radlkofer. Ueber Krystalle proteinartiger Körper p. 57—61.
Dr. Th. Hartig. Entwickelung d. Pflanzenkeims. S. 122.
Vines, S. H. On the chemical compos. of Aleuron grains. Proceedings of the Royal Society. 1880. p. 387.
A. F. Schimper. Ueber die Krystalle d. eiweissartigen Substanzen. Zeitschr. f. Krystallogr. V. Bd. S. 131.
A. F. Schimper. Unters. über d. Protein-Krystalloide d. Pflanzen. Strassburg 1878.

[3]) Dr. W. Pfeffer. Unters. über d. Proteinkörner etc. Dr. W. Pringsheim, Jahrb. für wissensch. Bot. Bd. VIII. S. 481.

Einen Zellkern nahm ich nicht wahr, doch zeigte die Aleurongruppe, resp. die Hülle derselben, mehr oder weniger die Reaktion einer Zellkerntinction. Somit halte ich, indem ich den schon von Pfeffer erwähnten, das Aleuron umhüllenden Plasmamantel annehme, die Behauptung Trécul's[1]) für wahrscheinlich, nach welcher die Krystalloide im Zellkerne auftreten. Vom Auftreten und von der Entwickelung der letzteren werde ich jedoch bei anderer Gelegenheit sprechen. Im Perispermium tritt ebenfalls Aleuron auf, doch ist es sehr winzig. Im Keime hingegen kommen halbflüssige, eiweissartige und andere mehr ölige Substanzen vor.

Nach alledem können wir auch nach der Angabe älterer Forscher die Frucht von *Sparganium* eine steinschalige nennen. Doch zur Unterscheidung von den Sarcocarp besitzenden Früchten (von den fleischigen Steinfrüchten) lassen sie sich nach Linné[2]) und Gärtner[3]), welche sie „*Drupa exsucca*" nannten, als trockene Steinfrüchte bezeichnen.

5. Die Keimung.

Die reifen Früchte verbleiben mehr oder weniger lange am weiblichen Blüthenstande, fallen dann ab und überwintern im Wasser oder in feuchtem Boden, um im kommenden Frühjahre zu keimen. Es scheint jedoch, dass die Samen die Winterruhe nicht nöthig haben, da die im September gesammelten Früchte — welche ich einen Monat lang trocken hielt — noch im selben Jahre bei 16—18° R. Wärme keimten. Bis zum Hervorbrechen des Keimes sind 1—3 Wochen erforderlich, doch besitzt die Pflanze schon nach Verlauf von 4—5 Wochen 4—5 Laubblätter und 5—6 Nebenwurzeln.

Die in das Wasser getauchten Früchte stehen während des Schwimmens senkrecht und nachdem sich ihr Mesocarp mit Wasser vollgesogen, sinken sie unter, bleiben aber am Boden des Wassers in derselben schon erwähnten Stellung. Das Wasser erweicht das Mesocarp, sogar die den Endocarp-Porus deckende Steinhautschichte. Das Keimblatt beginnt sich zu strecken und einen Druck auf den Deckel auszuüben, welcher sich gröstentheils in seinem ganzen Umfange von der Samenschale ablöst. Der sich streckende Keim drängt den Deckel durch die jetzt schon fast ganz zerfallenen Zellen des Porus bei Seite und geht, den mittleren lockeren Theil des Steinzellengewebes, durchdringend in den Griffel resp. jetzt schon Keimungskanal ein, zwischen dessen früher lockeren, doch jetzt zerfallenen Zellen er sich aus der Fruchtschale herausdrängt. Der weitere Verlauf des Keimens geht mit unerheblichen Abweichungen ähnlich wie bei *Typha* vor sich, d. h. die Keimung von *Sparganium ramosum* gehört auch zu dem von Klebs[4]) aufgestellten VI. Typus.

Die Spitze der aus der Frucht heraus tretenden Radikula verdickt sich nicht in dem Masse wie bei *Typha*. Nach dem Austreten krümmt sich der gestreckte Theil des Keimblattes nach abwärts, die Radikula in dieselbe Richtung zwingend. Der zwischen der Radikula und zwischen der Fruchtschale befindliche Keimblatttheil pflegt verschieden lang zu sein: derselbe ist manchmal sehr kurz, dann wieder sehr lang und es scheint, als hänge dies von der Entfernung ab, in welcher sich die Frucht vom Boden

[1]) Des Formations vesiculaires dans les cellules végétales. Ann. d. sc. nat. ser. IV. T. X. p. 57.
[2]) Genera plant. 1767. p. 480.
[3]) Vol. I. p. 75.
[4]) Beiträge z. Morphol. u. Biol. d. Keimung. Unters. a. d. bot. Institut z. Tübingen. Bd. I. S. 577.

befindet. Es ist nämlich der sich streckende Theil des Keimblattes bei in reinem Wasser gekeimten Samen auffallend lang.

Nach einiger Zeit erscheint die Hauptwurzel, nicht lange nach ihr das erste Laubblatt. Die Hauptwurzel wächst stark in ihrer Längsrichtung und bildet anfangs, ebenso wie die später entstehenden Nebenwurzeln, sehr viele Wurzelhaare. Die Hauptwurzel wächst sehr lange und stirbt nicht sobald ab. Wiewohl sie bei einigen Individuen schon beim Erscheinen der Nebenwurzeln verkümmerte.

Sobald das Pflänzchen schon 3—4 Laubblätter und 3—4 Wurzeln getrieben, beginnt das Keimblatt zu grünen und streckt seine Spitze aus der Frucht- resp. Samenschale hervor, wo es vermittelst der unveränderten Epidermiszellen das Sameneiweiss aufgesogen. Es verhält sich also in dieser Beziehung ebenso wie *Typha*. Uebrigens hat das Keimblatt bei beiden eine kurze Lebensdauer, denn es stirbt nach dem Grünen bald ab.

Schluss.

Aus dem bisher Geschilderten geht hervor, dass die Beziehungen der vegetativen Theile von *Typha* und *Sparganium* grösstentheils wohl die gleichen sind, doch schon bei den Organen der Fortpflanzung mehrfach Abweichungen zeigen. Namentlich ist bei der Bildung der Blüthenstände keinerlei Analogie vorhanden, d. h. bei *Sparganium* treten die Blüthen an den secundären und tertiären Axen auf, während dies bei *Typha* an den primären und secundären geschieht. Während die Blüthen von *Typha* ganz ohne Perigon sind, haben die von *Sparganium* ein ausgebildetes Perigon. Die Zahl der Staubblätter ist bei beiden schwankend, doch geht ihre Entwickelung gleichmässig vor sich, ausgenommen bei *Sparganium*, wo eine grössere Anzahl Staubblätter durch Zusammenwachsen von Blüthen-Höckern entsteht. Bei dem Pistill sind die Abweichungen am grössten, da bei *Typha* immer nur ein Fruchtblatt auftritt, während bei *Sparganium* das Auftreten zweier Fruchtblätter häufig und charakteristisch ist. Die Entwickelung, Stellung und Struktur der Samenknospe sind gleich, abgesehen von den bei *Sparganium* im Samenknospenkerne auftretenden äusseren Zellen und von den drei Zellenschichten der äusseren Samenhüllen. Ebenfalls übereinstimmend ist die Entwickelung des Embryo. Das Perispermium von *Sparganium* ist grösser als dasjenige von *Typha*, Abweichungen finden sich wieder bei der Bildung des Samendeckels und der Gestaltung der Fruchtwand: *Typha* hat eine nussartige Caryopse, *Sparganium* hingegen eine trockene Steinkern-Frucht. Schliesslich ist der Keimprocess ein übereinstimmender.

Alle diese gemeinsamen Eigenschaften begründen hinlänglich die Einreihung dieser beiden Gattungen *Typha* und *Sparganium* in eine Familie, doch weisen die Abweichungen zugleich darauf hin, dass es angezeigt wäre, sie wenigstens in zwei verschiedene Unterfamilien zu setzen, von welchen *Sparganium* den Pandaneen und *Typha* zu Aroideen näher stände, wie dies übrigens einzelne Autoren bisher schon angegeben hatten[1]). Ja selbst gegen Absonderung in zwei verschiedene Familien auf Grund der bestehenden Abweichungen gäbe es wenig einzuwenden.

Während des Drucks meiner Arbeit erschienen die Publicationen von Dr. M. Kronfeld „Ueber den Blüthenstand der Rohrkolben (Sitzb. d. Kais. Akad. d. Wiss. Wien. Bd. XCIV.) und „Ueber Raphiden bei Typha“ (Botanisches Centralblatt, Bd. XXX, S. 154), auf welche ich hier nicht näher eingehen will, da meine denselben Gegenstand betreffenden Ergebnisse in der vorliegenden Arbeit schon vorgeführt sind.

[1]) E. de Maout et J. Decaisne. Traité général de Botanique. Paris 1868. p. 628.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Sparganium ramosum Huds. Fig. 1—3.
Typha latifolia L. Fig. 4—10 und 12—14.
Typha angustifolia L. Fig. 11.

Fig. 1. Das Loch des Steinkerns ausfüllende Zellen (cs) und die Samendeckel (oi, oe), von einer dünnen Steinzellenschicht überwölbt (St.). Vergr. 230.

Fig. 2. Querschnitt der Samenschale, (cs) die Zellen des Steinkernes, (mh) 4 Schichten der Samenschale, (p) die äussere Zellschicht des Perisperms. Vergr. 230.

Fig. 3. Querschnitt des Samens. (mh) Samenschale, (p) Perispermium, (ep) endospermium. Vergr. 250.

Fig. 4. Der männliche Blüthenhöcker im Stadium des Verflachens und des Breitenwachsthums. 250 mal vergrössert.

Fig. 5. Längsschnitt des männlichen Blüthenstandes. Die Gestalt, Lagerung und gegenseitige Entfernung der Höcker, die weniger entwickelten Trichome sind auch sichtbar. Schem.

Fig. 6. Höcker der männlichen Blüthe, beim Aufhören des Spitzenwachsthums und Entstehung der Lappen. Vergr. 250.

Fig. 7—8. Die Lappen des männlichen Blüthenhöckers stark gewachsen und in diesem ihren Entwickelungsstadium kanalartig gekrümmt.

Fig. 9. Der männliche Blüthenhöcker mit stärker gestreckten Lappen. Die unteren Enden von zwei Lappen sind von einander entfernter.

Fig. 10. Der emporgehobene Rand des weiblichen Blüthenstandbodens und sein Uebergang in den blüthenlosen Theil des Internodiums.

Fig. 11. Anhaftung der Brakteenhaare. Vergr. 300.

Fig. 12. Blüthe mit einem Staubblatt, bei welchem der am Stielende resp. Filamentende stehende Staubbeutel etwas gebogen ist. Gut sind die zwei Fächer (ü), der Gefässbündel (e), und die Vertheilung der Raphiden (r) zu sehen.

Fig. 13. Eine in der Entwicklung vorgeschrittenere männliche Blüthe, an welcher sich schon Stiel und Filamente gebildet haben.

Fig. 14. Secundärer Blüthenstand schematisch, (b) Spitze der Blüthenstandsaxe, (a_1, a_2) sterile Blüthen, (a_3) steriler Blüthenhöcker, (t_1, t_2) fertile Blüthen.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel II.

Typha latifolia L. Fig. 1—8 und 10—14.
Typha angustifolia L. Fig. 9.

Fig. 1. Die Schliessung des Fruchtblattes (tl) und das Erscheinen des Samenknospenhöckers (m) Schem.

Fig. 2. Der Höcker der Samenknospe ist höher gehoben und die Höhlung des Fruchtknotens erweitert.

Fig. 3. Der Anheftungspunkt der Samenknospe ist schon auf seinen endgültigen Platz gehoben, der Höcker der Samenknospe ist gestreckt und in der Spitze wird die Mutterzelle des Embryosackes sichtbar. Vergr. 320.

Fig. 4. Die ersten Spuren der inneren Hülle.

Fig. 5. Bildung des Samendeckels. (mb.) Samenknospenkern, (bb.) innere und (kb.) äussere Samenknospenhülle, (mp.) Mikropyle.

Fig. 6. Die den entwickelten Embryosack umgebenden Zellen des Nucellus. Schem.

Fig. 7. Die weiblichen Blüthenhöcker von oben gesehen. Die Spitze im Wachsthum zurückgeblieben, Auftreten des Fruchtblattes an derselben.

Fig. 8. Das emporgehobene Fruchtblatt, welches sich schon an einem Punkte stärker gestreckt hat, unten sind entwickeltere Trichome zu sehen. Vergr. 320.

Fig. 9. Die secundäre Blüthenstandsspitze mit Brakteenhaaren. Schem.

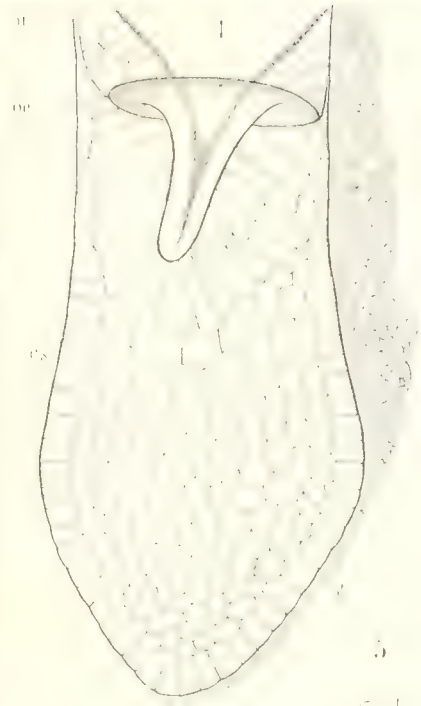
Fig. 10. a.) b.) Die Axen des secundären Blüthenstandes. Schem. Vergr. 3.

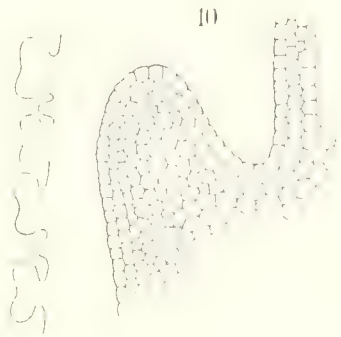
Fig. 11. Der reife Samen im Längsschnitt. Vergr. 400. (ope) äusserer, (opi) innerer Samendeckel, (cs) Embryo, (e) Endosperm.

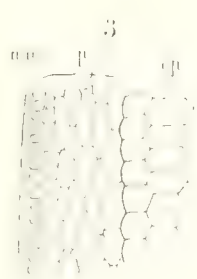
Fig. 12. Ein Theil der Samenschale im Querschnitte. Stark vergr.

Fig. 13. Der reife Same, Längsschnitt des oberen Theiles. Vergr. 500.

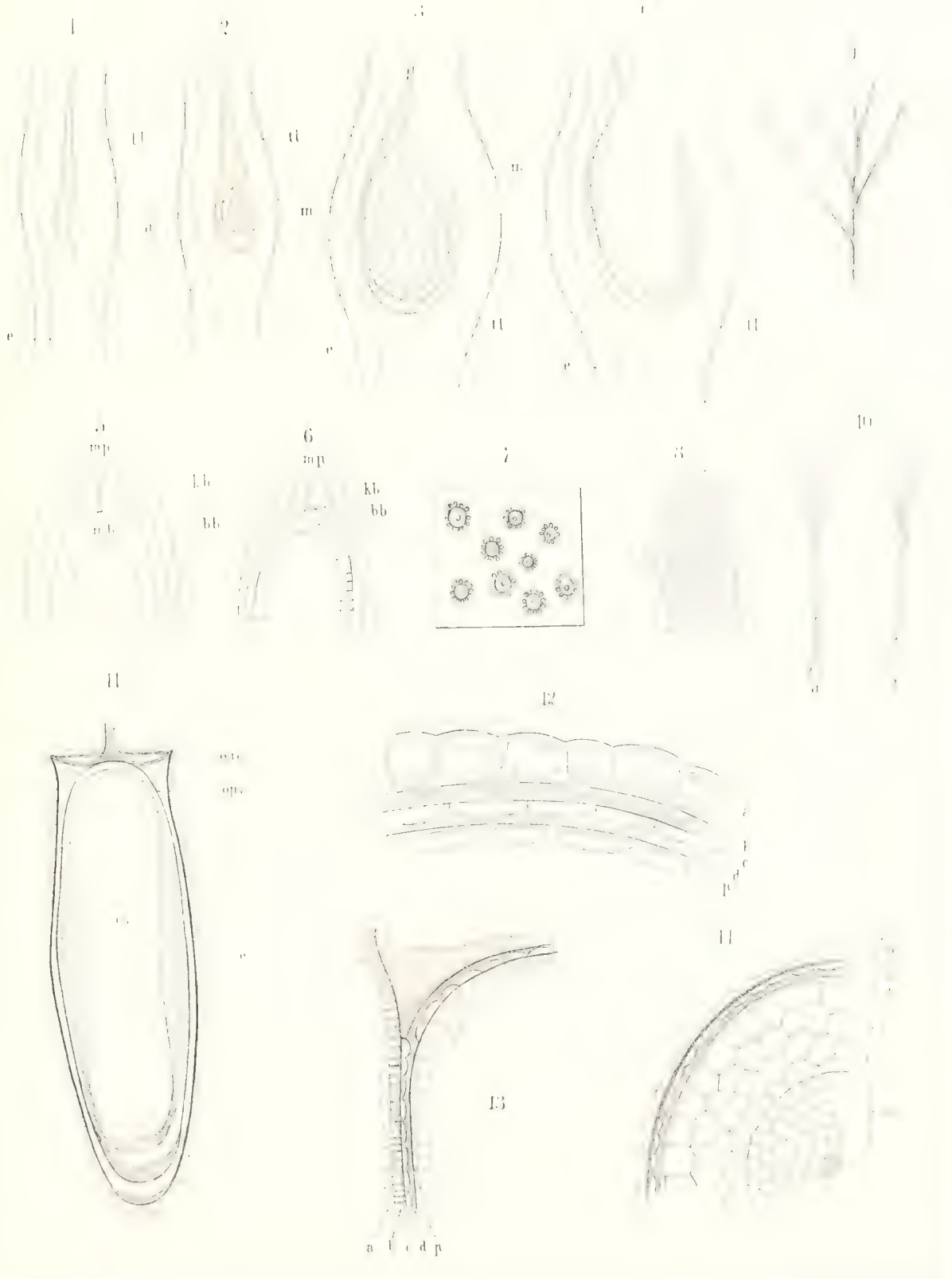
Fig. 14. Der reife Same, Querschnitt des mittleren Theiles. Vergr. 500. (a) äussere Zellenreihe der äusseren Samenschale, (b) innere Zellenreihe derselben, (d) innere Zellenreihe der inneren Samenschale und (c) deren äussere Zellenreihe, (p.) Perisperm, (cs) Keim, (e) Endosperm.







Artist. Anst v. Th. Fischer, Cassel.



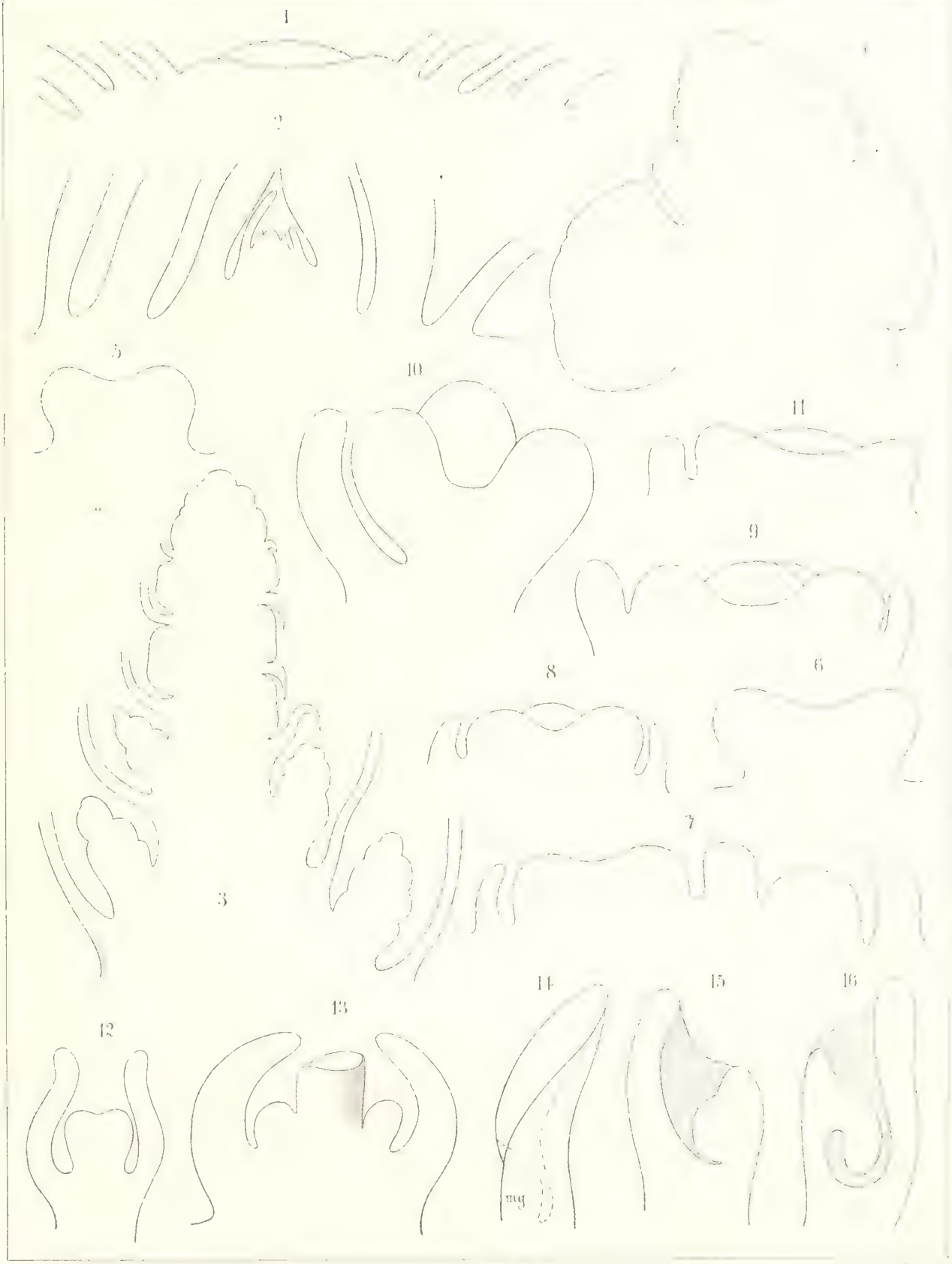
Artist Anst v Th Fischer, Cassel

Erklärung der Abbildungen.

Tafel III.

Sparganium ramosum Huds. Fig. 1—16.

Fig. 1. Vegetationskegel unmittelbar vor dem Blühen, schematische Flächen-Ansicht.
Fig. 2. Derselbe vor Beginn des Blühens. Schem. Längsschnitt.
Fig. 3. Die primäre Axe mit den Blüthenstandshöckern. Schem.
Fig. 4. Die secundäre Axe mit den Blüthenstandshöckern. Schem.
Fig. 5—6. Zusammenwachsen von zwei männlichen Blüthenhöckern vor dem Auftreten des Perigons. Schem.
Fig. 7. Auftreten des Perigons an einfachen und an durch Zusammenwachsen gebildeten männlichen Blüthenhöckern. Vergr. 250.
Fig. 8. Männliche Blüthe mit 3 Staubblatthöckern. Schem.
Fig. 9. Dieselbe mit 4 Staubblatthöckern. Schem.
Fig. 10. Männliche Blüthe mit entwickelteren Staubblättern. Schem.
Fig. 11. Männliche Blüthe mit entfernter von einander liegenden Staubblattanfängen. Vergr. 250. Schem.
Fig. 12. Das Auftreten der zwei Fruchtblätter. Längsschnitt durch die Spitzen der Fruchtblätter. Schem.
Fig. 13. Auftreten des zweiten Perigonkreises am weiblichen Blüthenhöcker.
Fig. 14. Erscheinen des Samenknospenhöckers (mg.). Schem.
Fig. 15. Hervorheben des Samenknospenhöckers.
Fig. 16. Erhebung der zapfenartigen Samenknospenhöcker während des Wachsthums des Fruchtblattes.



Artist Anst v Th Fischer, Cassel

Verlag von Theodor Fischer in Cassel.

Bibliotheca botanica.

Original-Abhandlungen aus dem Gesammtgebiete der Botanik,

herausgegeben von

Dr. O. Uhlworm und **Dr. F. H. Haenlein** in **Cassel.**

Inhalt der bisher erschienenen Hefte:

1. **Schenck, Dr. H.,** Vergleichende Anatomie der submersen Gewächse. Mit 10 Tafeln. Preis 32 Mk.
2. **Zopf, Dr. W.,** Botanische Untersuchungen über die Gerbstoff- und Anthocyan-Behälter der Fumariaceen. Mit 3 farbigen Doppeltafeln. Preis 30 Mk.
3. **Schiffner, Dr. V.,** Ueber Verbascum-Hybriden und einige neue Bastarde des Verbascum pyramidatum. Mit 2 Tafeln. Preis 4 Mk.
4. **Vöchting, Dr. H.,** Ueber die Bildung der Knollen. — Mit 5 Tafeln und 5 Figuren im Text. Preis 8 Mk.
5. **Dietz, Dr. Sándor,** Ueber die Entwickelung der Blüthe und Frucht von Sparganium Tourn. und Typha Tourn. Mit 3 Tafeln. Preis 8 Mk.
6. **Schenk, Dr. A.,** Fossile Pflanzen aus der Albourskette. Mit 9 Tafeln. Preis 8 Mk.

Daran werden sich schliessen:

Buchtien, Entwickelungsgeschichte des Prothallium von Equisetum.

Wiegand, Dr. A., Nelumbium speciosum. — Nach des Verfassers Tode herausgegeben von Dr. E. Dennert.

Schulz, Aug., Beiträge zur Kenntniss der Bestäubungseinrichtungen und Geschlechtsvertheilung bei den Pflanzen.

Rees, Dr. Max u. Fisch, Dr., Ueber Elaphomyces.

Ferner haben Beiträge in Aussicht gestellt die Herren:

Prof. Dr. **A. B. Frank** in Berlin, Prof. Dr. **L. Kny** in Berlin, Geh. Rath Prof. Dr. **Jul. Kühn** in Halle a/S., Prof. Dr. **Leitgeb** in Graz, Prof. Dr. **F. Ludwig** in Greiz, Prof. Dr. **Russow** in Dorpat, u. A.

Die „Bibliotheca botanica" erscheint in Quartformat in zwanglosen Heften mit zahlreichen, zum grossen Theil farbigen Tafeln ausgestattet. — Jedes Heft wird einzeln abgegeben und einzeln berechnet.

Botanisches Centralblatt

Referirendes Organ für das Gesammtgebiet der Botanik des In- u. Auslandes.

Herausgegeben

unter Mitwirkung zahlreicher Gelehrten

von

Dr. Oscar Uhlworm in Cassel und **Dr. W. J. Behrens** in Göttingen.

Zugleich Organ des Botanischen Vereins in München, der Botaniska Sällskapet i Stockholm, der Gesellschaft für Botanik zu Hamburg, der botanischen Section der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur zu Breslau und der Botaniska Sektionen af Naturvetenskapliga Studentsällskapet i Upsala.

Abonnement für den Jahrgang (4 Bände in 52 Nrn.) mit 28 **M.** durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

Druck von Gebr. Gotthelft in Cassel.

New York Botanical Garden Library
3 5185 00259 1541